

SPORDA BESLENME

Dr. Adem YAPICI – Dr. Remzi EŞKİL

EDİTÖR

Mehmet Kadir AKBULUT

cizgi
KİTAP EVI

Bu kitapta yer alan her bölümün tüm sorumluluğu (görseller, tablolar, çizelgeler, çizimler, grafikler, direkt alıntılar, etik/kurum izni vb.) yazarlara aittir.

Herhangi hukuki bir olumsuzlukta Çizgi Kitabevi Yayınları ve kitap editörü hiçbir konuda bir yükümlülük ve hukuki sorumluluğu kabul etmez, hukuki yükümlülük altına alınamaz. Her türlü hukuki yükümlülük ve sorumluluk ilgili bölüm yazar(lar)ına aittir.

Çok bölümlü/yazarlı olan bu kitap maddi bir değeri ile alınıp satılamaz. Kitapta yer alan bilgiler alıntı yapılmak ve ilgili alıntıya atıf yapılmak koşulu ile kaynak gösterilmek üzere bilimsel ya da ilgili araştırmacılar tarafından kullanılabilir.

ÇİZGİ
K İ T A B E V İ

Çizgi Kitabevi Yayınları (e-kitap)

©Çizgi Kitabevi
Aralık 2025

ISBN: 978-625-396-797-0
Yayıncı Sertifika No: 52493

KÜTÜPHANE BİLGİ KARTI
- Cataloging in Publication Data (CIP) -

YAZARLAR
YAPICI, Adem | EŞKİL, Remzi
EDİTÖR
AKBULUT, Mehmet Kadir
SPORDA BESLENME

Baskıya Hazırlık: Çizgi Kitabevi Yayınları
Tel: 0332 353 62 65- 66

ÇİZGİ KİTABEVİ

Sahibiata Mah.
M. Muzaffer Cad. No:41/1
Meram/**Konya**
(0332) 353 62 65

Konevi Mh.
Larende Cad. No:20/A
Meram/**Konya**
(0332) 353 62 66

Siyavuşpaşa Mh.
Gül Sk. No: 15 B
Bahçelievler/**İstanbul**
(0212) 514 82 93

www.cizgikitabevi.com

[f](#) [t](#) [@](#) / cizgikitabevi

İçindekiler

Ön Söz.....	vi
Beslenme	1
Beslenmenin Önemi.....	2
Sporda Beslenme.....	4
Sporda Beslenmenin Önemi.....	5
Sporcuların Beslenme Tercihlerini Etkileyen Faktörler	8
Vücut Kompozisyonu.....	9
Fizyolojik Faktörler.....	9
Psikolojik Faktörler.....	10
Yaşam Tarzı Faktörleri	11
Sosyal Faktörler	11
Ekonomik Faktörler.....	12
Fizyolojik Açlık.....	12
Fiziksel Aktivite ve Fiziksel Uygunluk	13
Sporcularda Enerji Dengesi Önemi.....	14
Makro Besinler	17
Proteinler.....	18
Proteinlerin Görevleri.....	20
Proteinlerin Önemi ve Gereksinimleri.....	22
Protein Alım Zamanlaması.....	23
Karbonhidratlar	25
Temel Karbonhidratlar	25
Basit Karbonhidratlar	25
Kompleks Karbonhidratlar.....	26
Karbonhidratların Önemi ve Gereksinimleri	27
Karbonhidrat Kaynakları.....	29
Sporcularda Karbonhidrat Alımı	29
Karbonhidrat Alım Zamanlaması	35
Yarışma Öncesi Karbonhidrat Alımı.....	35
Yarışma Sırası Karbonhidrat Alımı	35
Yarışma Sonrası Karbonhidrat Alımı	36
Yağlar	37
Yağlar Önem.....	38
Yağlar Gereklik	38
Yağlar Ketojenik Diyet.....	40
Faydalar ve Sonuçlar	40
Mikro besinler	41
Vitaminler.....	43

Vitaminlerin Önemi	43
Vitamin Eksikliği.....	43
Yağda Çözülen Vitaminler	44
A Vitamini	44
D Vitamini	45
E Vitamini	47
K Vitamini	48
Suda Çözülen Vitaminler	48
B Vitamini	48
C Vitamini.....	49
Mineraller	49
Demir	50
Kalsiyum.....	53
Magnezyum	54
Potasyum	57
Sodyum.....	57
Çinko.....	58
Selenyum	59
Su	59
Hidrasyon	61
Dehidrasyon	61
Rehidrasyon	62
Toparlanma	63
Toparlanmada Beslenme Stratejileri	65
Toparlanmada Sıvı Alımı Stratejileri	67
Vücut Ağırlığı Yönetimi	67
Vücut Ağırlığı Kontrolü	67
Kilo Kaybı	68
Yeme Bozukluğu	69
Sonuç	69
Kaynaklar.....	71

Ön Söz

Sporcu beslenmesine olan ilgi her geçen gün artmasına rağmen gerek beslenme bilgisinin yetersizliğinden gerekse sosyal medya ve ticari kaygılarla oluşturulan bilgi kirliliğinin neden olduğu kafa karışıklığından dolayı, birçok genç sporcu potansiyelinin altında performans sergilemektedir. Modern spor dünyasında beslenme, artık sadece antrenman sonrası bir gereklilik değil, toparlanma sürecini hızlandıran, sakatlık riskini azaltan ve bilişsel odaklanmayı arttıran stratejik bir öneme sahip disiplin olarak kabul edilmektedir. Ancak, bilimsel temellere dayanmayan **mucizevi** diyetler veya gelişmiş güzel bilgilerle şekillenen beslenme alışkanlıkları, sporcularda sadece performans kayıplarına neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda genel sağlık durumlarını da ciddi şekilde riske atmaktadır.

Öte yandan, performans artışını sadece takviye edici gıdalara indirgeyen hatalı yaklaşımlar, temel beslenme prensiplerinin ihmal edilmesine neden olmaktadır. Bireysel ihtiyaçlar, antrenman yoğunluğu ve branş farklılıkları gözetenmeden uygulanan standart programlar, beklenen gelişimin aksine enerji depolarının erken tükenmesine ve kronik yorgunluğa neden olabilmektedir. Bu kitap ile, güncel araştırmaları pratik ve uygulanabilir stratejilerle harmanlayarak, sporcuların ve antrenörlerin doğru beslenme alışkanlıkları kazanmasına yönelik bir araç haline getirmek amaçlanmıştır.

Editör
Mehmet Kadir AKBULUT

Ne bilim ben? Katkılarıyla...

Beslenme

Bireylerin genel sağlık durumu, enerji seviyeleri ve bedensel fonksiyonları üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olan beslenme tercihleri, günlük rutinlerin temel bir bileşenini oluşturmaktadır. Söz konusu tercihler, rastlantısal olmaktan ziyade kültürel miras ve toplumsal yapılar tarafından yönlendirilmektedir, ayrıca ekonomik parametreler gıda çeşitliliği ile besin kalitesini doğrudan etkilemektedir. Günümüzde reklamlar ve sosyal medya mecraları da bireylerin gıda algısını aktif bir biçimde dönüştürerek bu sürece dahil olmaktadır dolayısıyla beslenme davranışları medya, ekonomi ve kültürün i ie geçtiği karmaşık bir zeminde şekillenmektedir. Sağlıklı ve bilinçli seçimlerin yapılabilmesi için bu yapının çözümlenmesi büyük önem taşımaktadır [1–3]. Bu yönde, beslenme durumunun optimize edilmesi süreci, en az fiziksel antrenmanlar kadar titiz bir planlama gerektirmekte ve uygun gıdalara erişim imkanının antrenman alanlarında sağlanması bu başarının anahtarı olarak görülmektedir. Antrenman döngüsünün farklı evreleri özel besin ihtiyaçlarını beraberinde getirmekte bu kapsamda antrenman öncesinde düşük lifli düşük yağlı ve orta düzeyde protein içeren karbonhidrat odaklı bir yaklaşım benimsenirken antrenman sonrasında vücudun toparlanabilmesi için sıvı desteği karbonhidrat ve yüksek kaliteli protein alımı tercih edilmelidir [4, 5].

Spor beslenmesi, antrenman sürecinde adaptasyonun teşviki, vücut kompozisyonunun optimizasyonu ve olası sakatlık ile hastalık risklerinin asgari düzeye indirilmesi amacıyla planlı, kişiselleştirilmiş ve dönemsel bir yapıda sağlanmaktadır. Performansın en üst seviyeye çıkarılması ve toparlanma süreçlerinin etkin yönetimi noktasında bir spor beslenme uzmanının rehberliği hem profesyonel hem de amatör sporcular için vazgeçilmez bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Nitekim besin alımının niteliği zamanlaması ve miktarı ile birlikte sıvı ve takviye kullanımının denetimi, sadece sportif başarıyı değil, doğrudan sporcu sağlığını korumak adına da kritik bir rol oynamaktadır [1, 6].

Beslenme ihtiyaçlarının branş veya sezon bazlı değişkenlik göstermesi nedeniyle istenmeyen sağlık sonuçlarının önlenmesi ve fonksiyonel kapasitenin maksimize edilmesi amacıyla uzman denetiminde stratejik adımlar atılmalıdır. Bu kapsamda yüksek besin değerine sahip gıdalar ile uygun ergojenik desteklerin kullanımı reçete edilerek bunların sağlık üzerindeki etkileri sürekli bir değerlendirme süreciyle takip edilmelidir [7, 8]. Sporcuların sergilediği fiziksel efor için gerekli olan enerjinin ve

temel besin bileşenlerinin temin edilmesi, kas dokusunun büyümesi ile onarımının desteklenmesi ve genel esenlik halinin korunması, doğru beslenme pratiklerinin özenle uygulanmasına bağlıdır . Literatürde, hem sağlık parametrelerinin hem de sportif performansın geliştirilmesinde dengeli bir beslenme rejiminin merkezi rolü genel bir kabul görmektedir. Beslenmenin fiziksel yetkinliklerin ötesinde sporcuların branşa özgü fonksiyonel talepleri karşılama kapasitesini de doğrudan şekillendirdiği belirtilmektedir. Performans çıktılarının en üst düzeye ulaşmasının yanı sıra, olası sakatlık ve hastalık risklerinin asgari düzeye indirgenmesi noktasında da yeterli besin alımı hayati bir fonksiyon icra etmektedir [9, 10]. Bu süreçte yaş, cinsiyet, antrenman yoğunluğu ve özel performans hedefleri gibi değişkenlerle uyumlu şekilde kurgulanan kişiselleştirilmiş beslenme stratejileri sadece kısa vadeli sportif amaçlara hizmet etmekle kalmayıp, aynı zamanda uzun dönemli sağlık ve iyi oluş halini de desteklemektedir [11].

Beslenmenin Önemi

Sporcu beslenmesi stratejileri, salt sportif verimliliğin artırılmasının ötesine geçerek, kardiyovasküler sağlık, kemik mineral yoğunluğu, bağışıklık sistemi fonksiyonları, nörogelişim ve kardiyorespiratuar uygunluk gibi hayati fizyolojik sistemlerin korunması ile genel yaşam kalitesinin sürdürülebilirliği noktasında merkezi bir rol oynamaktadır [12, 13]. Uzmanlar tarafından vurgulanan ve toplam enerji alımının %45-65'ini karbonhidratlardan, %15-25'ini proteinlerden ve %20-35'ini yağlardan oluşturan rasyonel makro besin dağılımı, antrenman uyumlarını ve fizyolojik adaptasyonu optimize etmek adına temel bir çerçeve sunmaktadır [14]. Ancak bu genel yaklaşımların, her spor branşının kendine özgü fonksiyonel talepleri, bireysel fiziksel uygunluk hedefleri, kültürel arka plan ve gıdaya erişim gibi çok katmanlı değişkenler ışığında bireyselleştirilmesi modern spor biliminin temel gerekliliğidir. Özellikle dayanıklılık disiplinlerinde glikojen depoları ve yağ oksidasyonu merkeze alınırken, kısa mesafe koşucularında patlayıcı güç üretimine yönelik kas kütlesi artışı, sindirim sistem sağlığının muhafazası ve müsabaka öncesindeki 1-4 saatlik dilimde vücut ağırlığı başına 1-2 gram karbonhidrat alımı gibi özel protokoller uygulanmaktadır. Hazırlık sürecinin etkinliği, beslenme planlamasının antrenman, müsabaka ve sezon dışı dönemleri kapsayacak şekilde periyodik hale getirilmesi, enerji harcamasındaki dalgalanmalarla senkronize edilmesi ve toparlanma süresini kısaltarak yaralanma riskini minimize edecek şekilde düzenlenmesiyle doğrudan ilişkilidir [15–18].

Kötü beslenme, dehidrasyon ve elektrolit dengesizliklerinden kaynaklanabilecek iyileşme zorluklarını bertaraf etmek adına sporcuların kariyer evrelerine özgü müdahaleler tasarlanmalıdır. Sporcuların ve antrenörlerin beslenme konusundaki farkındalık düzeylerinin yetersizliği, antrenman adaptasyonunu kısıtlayarak performans kayıplarına yol açabildiğinden, profesyonel bir değerlendirme, teknolojik imkanlar ve besin zamanlama stratejilerinin entegrasyonu, sporcuların sadece müsabaka sonuçlarını iyileştirmelerini değil, aynı zamanda bütüncül bir sağlık kazanmalarını mümkün kılmaktadır [6, 10, 13, 19–21].

Fiziksel açıdan oldukça zorlayıcı bir süreç olan egzersiz, vücutta belirgin bir yorgunluğa ve kritik düzeyde besin kayıplarına sebebiyet vererek uzun vadede fizyolojik sistemler üzerinde kalıcı hasarlara yol açabilmektedir [22]. Bu yorgunluğun giderilmesi ve bedensel fonksiyonların sağlıklı bir biçimde yeniden takviye edilmesi noktasında, beslenme düzeninin zaman içerisinde uygun takviyelerle desteklenmesi etkin bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda optimal beslenme stratejileri sadece sportif performansın artırılması ve egzersiz sonrası toparlanma süreçlerinin hızlandırmakla kalmaz. Ayrıca olası yaralanmaların önlenmesi, sağlıklı yaşam alışkanlıklarının pekiştirilmesi, genel sağlık statüsünün korunması ve sürdürülebilir kilo yönetimi üzerinde de belirleyici bir rol oynar [23].

Beslenme davranışı, salt biyolojik bir gereksinim olmanın ötesinde, bireysel ve toplumsal mirası temsil eden sosyo-kültürel bir fenomen olarak kabul edilmektedir. Kültürel yapılar, özgün içerikler, hazırlama teknikleri ve aromatik çeşitlilik aracılığıyla özel mutfak geleneklerinin nesiller arası aktarımını sağlamaktadır. Bununla birlikte, beslenme çevresini şekillendiren temel unsurlardan biri olan sosyo ekonomik statü, bireylerin gıdaya erişim olanaklarını doğrudan belirlemektedir. Nitekim yüksek gelir düzeyine sahip kesimler besin değeri yüksek ve çeşitli gıda seçeneklerinden faydalanabilir. Alt sosyo ekonomik gruptaki bireyler kısıtlı imkanlar nedeniyle, ekonomik ve besleyici değeri düşük seçeneklere yönelmektedir. Bu durum ise uzun vadede çeşitli sağlık sorunlarını beraberinde getirmektedir [24, 25].

Modern yaşamda hızlı ve pratik beslenme ile sağlık arasındaki dengeyi kurmak için hem bireysel bilinç hem de devlet desteği şarttır. Bu süreçte eğitim ve bilgiye erişim, bireylerin karmaşık beslenme enformasyonu içerisinde bilinçli kararlar alabilmesini sağlayan temel bir yönlendirici mekanizma işlevi görmektedir [26].

Sporda Beslenme

Beslenme, fiziksel olarak aktif bireylerde genel sağlığın korunmasının yanı sıra optimal bedensel ve zihinsel statünün sürdürülmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır [27]. Egzersiz fiziyojisi, biyokimya ve insan beslenmesi gibi alanlarla etkileşim halinde olan çok disiplinli bir saha olarak spor beslenmesi, besin bileşenlerinin enerji metabolizması, kas fonksiyonu ve egzersiz sonrası toparlanma üzerindeki etkilerini inceleyen dinamik bir bilimsel disiplindir [28]. Bu disiplin çerçevesinde yürütölen araştırmalar, sporcuların antrenman programlarına, performans hedeflerine ve vücut kompozisyonlarına uygun optimal besin alımını belirlemeyi amaçlarken, bitki bazlı veya ketojenik diyetler gibi farklı beslenme modellerinin performans kapasitesi üzerindeki yansımalarını da değerlendirmektedir [29].

Sportif performans ile beslenme arasındaki kopmaz ilişki, diyetin doku adaptasyonu, onarımı, büyümesi ve bağışıklık sisteminin desteklenmesi için gerekli olan temel enerjiyi sağlamasına dayanmaktadır. Özellikle planlı beslenme stratejilerinin, serbest beslenme yaklaşımlarına kıyasla performansı daha etkili geliştirdiği ve yarışma esnasında dehidrasyon ile yorgunluğa bağlı verim düşüşlerini geciktirdiği saptanmıştır [4, 30]. Sporcuların beslenme alışkanlıklarının değerlendirilmesi ise yüzeysel bir gözlemin ötesine geçerek, performansı etkileyebilecek spesifik besin eksikliklerinin veya fazlalıklarının saptanmasını içeren çok yönlü bir çabayı gerekli kılmaktadır [31].

Sonuç olarak, antrenman sonrası beslenme önerileri, adaptasyon süreçlerinin ve egzersiz toleransının artırılması için temel teşkil etmektedir. Gıda bileşenlerinin kalite, miktar ve zamanlama açısından denetlendiği bir beslenme, yorgunluk mekanizmalarına karşı gelişen adaptif yanıtları maksimize ederek fiziksel zindeliğin yeniden tesisini sağlamaktadır [15].

Spor beslenmesi, spor tıbbını, spor bilimini, diyeti, kültürel etkileri ve hatta kitle iletişim araçlarını kapsayan bir kavramdır [32, 33]. Akademik camianın yanı sıra fiziksel aktivite yapan genel popölasyonun da yoğun ilgisiyle desteklenen bu bilimsel araştırma sahası, günümüzde hızla genişleyen bir gelişim ivmesi sergilemektedir. Egzersiz ve beslenme arasındaki etkileşimin karmaşık yapısı ile test edilmeyi bekleyen çok sayıda hipotez, metabolik yol ve ürünün mevcudiyeti, bu disipline yönelik bilimsel inceleme süreçlerini zorlu kılmaktadır [34].

Sporda Beslenmenin Önemi

Elit sporcuların kısıtlı bir zaman diliminde sergiledikleri yüksek yoğunluklu kas aktivitesi göz önüne alındığında, fiziksel performansı maksimize edecek kişiselleştirilmiş beslenme stratejileri önemli bir gerekliliktir. Güncel literatür, beslenmenin yalnızca fiziksel bir bakım aracı olmanın ötesine geçerek performansı doğrudan belirleyen temel bir bileşen haline geldiğini doğrulamaktadır [35]. Bu bağlamda, geleneksel ve genelleştirilmiş beslenme yaklaşımlarının bireysel farklılıkları karşılamada yetersiz kalması, sporcuların fizyolojik karakteristiklerini, metabolik durumlarını ve genetik profillerini temel alan özelleştirilmiş stratejilere olan ilgiyi artırmıştır. İleri teknolojilerle desteklenen genomik araştırmalar, protein metabolizması, glikojen depolama ve lipit metabolizması üzerinde etkili olan genetik varyantların saptanmasına, böylece her sporcu için en uygun besin oranlarının ve zamanlamasının belirlenmesine imkân tanımaktadır [36, 37].

Sporcu beslenmesi stratejileri, antrenman adaptasyonlarını geliştirmek, glikojen depolarını muhafaza etmek ve egzersiz sonrası hızlı toparlanmayı sağlamak amacıyla kurgulanan dinamik bir süreçtir [38]. Bilimsel verilere dayalı diyet planlamasının, yağsız kas kütlelerinde artış, maksimum oksijen kullanımı (VO₂ max) değerlerinde iyileşme, kavrama gücü ve sprint performansı gibi somut rekabet avantajları sağladığı bilinmektedir [39]. Ayrıca, mikro besinlerin fizyolojik süreçlerdeki düzenleyici rolleri ve artan mineral ihtiyaçlarının (demir, kalsiyum, sodyum) karşılanması hem iş performansının hem de genel sağlığın korunmasında merkezî bir öneme sahiptir [40].

Egzersiz öncesi, sırası ve sonrası olarak periyodize edilen beslenme modelleri, antrenman yükleri ve müsabaka takvimleriyle bütüncül bir şekilde ele alınmalı, sporcuların uzun vadeli ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır [41]. Bu süreçte enerji kullanılabilirliğinin (EA) optimize edilmesi, büyümenin ve vücut kompozisyonunun korunması ile doğrudan ilişkilidir [42]. Yetersiz enerji alımının ise hormonal dengesizlikler, kemik mineral yoğunluğunda azalma ve artan yaralanma riskleri gibi ciddi fizyolojik komplikasyonlara yol açabileceği unutulmamalıdır. Spor beslenmesindeki bu devrimsel gelişmeler, sadece elit düzeydeki sporcularla sınırlı kalmayıp sağlığını ve fiziksel çıktısını iyileştirmeyi hedefleyen tüm bireyler için kritik kazanımlar sunmaktadır [5, 6].

Beslenme periyodizasyonu yaklaşımları, karbonhidrat ile yağ alımını stratejik olarak düzenlemeyi kapsamaktadır. Bu süreçte, iskelet kasındaki hipertrofik adaptasyonları desteklemek üzere protein tüketiminin optimize edilmesi, periyodizasyon stratejilerinin merkezî bir unsuru olarak kabul edilmektedir [43]. Ancak, makro besin öğelerinden enerji eldesi, oksijen transportu, doku rejenerasyonu ve gelişimsel süreçlerle ilintili çok sayıdaki metabolik reaksiyonun sürdürülebilirliği, çok gerekli vitamin ve minerallerin biyoyararlanımına doğrudan bağlıdır.

Bütüncül bir bakış açısıyla bilimsel temellere dayalı optimal beslenme planlaması, sportif performansın en üst seviyeye çıkarılması ve yaralanma risklerinin asgari düzeye indirilmesinden egzersiz sonrası toparlanmanın hızlandırılması ile sağlıklı yaşam standartlarının ve ideal vücut kompozisyonunun korunmasına kadar geniş bir yelpazede kritik faydalar sağlamaktadır [23, 44].

Sporcu beslenmesi bilgisi, beslenme davranışlarını şekillendiren değiştirilebilir bir değişken olarak, performans çıktıları üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir [45–47]. Sporcu popülasyonunda gözlemlenen yetersiz beslenme örüntülerinin temelinde, çok faktörlü nedenlerin yanı sıra kanıta dayalı güncel bilgi noksanlığı başlıca etkenlerden biridir. Bilimsel bulgular, bir sporcunun spor beslenmesi konusundaki bilişsel yetkinliği arttıkça, gıda tercihlerinin niteliksel olarak iyileştiğini ve bu gelişim ivmesinin hem bireysel hem de takım sporlarında yeme alışkanlıkları, vücut kompozisyonu ve sportif verimlilik üzerinde anlamlı kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır [48–50].

Beslenme prensiplerine dair farkındalığı yüksek olan sporcuların, branş spesifik gereksinimlere uygun uygulamaları gündelik yaşam rutinlerine entegre etme ve bu bilgileri sürdürülebilir bir yaşam tarzına dönüştürme olasılığı daha yüksektir. Nihayetinde beslenme rehberliği ve stratejilerine gösterilen uyum, performansın maksimize edilmesi ve genel sağlığın korunması ile sonuçlanmaktadır [40]. Bu farkındalık düzeyini artırmak amacıyla uygulanan stratejik müdahaleler, bireysel beslenme danışmanlığı, grup etkileşimli atölye çalışmaları ve çevrimiçi eğitim platformları gibi çeşitli yöntemleri bünyesinde barındıran yapılandırılmış eğitim programları şeklinde kurgulanmaktadır [47, 51, 52].

Beslenme bilgisinin, beslenme alışkanlıklarının niteliksel gelişiminde kritik bir paydaş olduğu ve bilişsel yetkinlik düzeyi ile diyet kalitesi arasında doğrudan bir korelasyon bulunduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmalar, teorik donanımı yüksek sporcuların

beslenme davranışlarında daha olumlu ve amaca yönelik bir eğilim sergilediğini doğrulamaktadır. Sporcuların beslenme gereksinimleri, hedeflenen performans çıktıları, icra edilen faaliyetin doğası ve genel sağlık parametreleri doğrultusunda belirlenirken, uygun beslenme pratiklerinin enerji metabolizmasından egzersiz sonrası toparlanma süreçlerine kadar organizmadaki tüm fizyolojik mekanizmalar üzerinde belirleyici bir etkisi bulunmaktadır. Gıda tercihlerinde açlık, duyuşsal özellikler, maliyet ve erişilebilirlik gibi temel unsurlar rol oynasa da sporcuların karar verme süreçleri, performans beklentileri, somatik yapı üzerindeki etkiler, antrenman fazı ve yarışma takvimi gibi daha karmaşık parametreleri de içermektedir [53, 54].

Bu kompleks yapı içerisinde sporcuların diyetlerine dahil edecekleri gıdaların potansiyel biyolojik faydaları hakkında bilinçli tercihler yapabilmesi, ancak yeterli beslenme bilgisinin mevcudiyetiyle mümkündür. Bu bağlamda, bireysel besin alımları üzerinde etkili olan bilgi kaynakları, tutumlar ve eğitim odaklı müdahaleler, sporcuların bilişsel kapasitelerini geliştirerek performans optimizasyonunu destekleyen stratejik unsurlardır [39, 47, 55].

Kuvvet gelişimi, kas iyileşmesi, yorgunluktan kurtulma ve metabolik verimlilik gibi çeşitli fiziksel fonksiyonlar beslenme durumuna bağlıdır ve olimpiyatlar gibi yüksek riskli yarışmalarda beslenme stratejileri başarı veya başarısızlığı belirlemede kilit değişkenler olabilir [43, 56].

Fiziksel aktivite öncesi, sırası ve sonrasındaki doku gereksinimlerini optimize etmek amacıyla günlük besin alımının stratejik bir plan dahilinde karşılanması gerekmektedir. Fiziksel olarak aktif bireyler için genel olarak önerilen alım aralığı, protein için kilogram başına günlük 1,2 g ila 2,0 g, karbonhidrat için kilogram başına günlük 5 g ila 12 g, ve toplam enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yeterli miktarda yağdan elde edilen enerji ise alınan toplam kaloringin %35'ini geçmemelidir [5].

Spor performansının temel bileşenlerini teşkil eden antrenman ve beslenme pratikleri, birbirini tamamlayıcı bir etkileşim içerisinde olup stratejik beslenme yaklaşımları antrenman adaptasyonlarının optimize edilmesinde destekleyici bir işlev görmektedir. Antrenman metodolojilerindeki değişim sürecine paralel olarak, sporculara yönelik beslenme stratejileri de eş zamanlı bir gelişim kaydetmiştir [43]. Literatürde gerek genel popülasyonda gerekse sporcu gruplarında beslenme konusundaki bilgi düzeyinin diyet kalitesiyle pozitif yönde ilintili olduğu saptanmıştır. Çeşitli spor disiplinlerinde yürütülen güncel araştırmalar, eğitim müdahaleleri neticesinde hem beslenme

bilgisinde hem de gıda alım alışkanlıklarında eş zamanlı iyileşmeler yaşandığını rapor ederek, bilişsel yetkinlik ile diyet kalitesi arasındaki doğrudan bağlantıyı güçlendirdiği ortaya konmuştur. Bu bulgular ışığında, sporcularda beslenme müdahalelerinin etkinliğini anlamlandırmak ve performansla yansımalarını doğru analiz edebilmek için bilgi düzeyinin hassas ve geçerli yöntemlerle nicelleştirilmesi temel bir gereklilik olarak kabul edilmektedir [57, 58].

Spor beslenmesi disiplininin gelecekteki paradigması, büyük ölçüde kişiselleştirilmiş yaklaşımlar üzerine kurgulanmaktadır. Teknolojik ilerlemeler, her bir sporcunun kendine özgü metabolik gereksinimlerini karşılamaya yönelik özelleştirilmiş beslenme müdahalelerine imkan tanımaktadır. Bireyselleştirilmiş bakım prensibi doğrultusunda besin öğelerinin genetik profiller ve antrenman yükleri ile uyumlu hale getirilmesi, hem antrenman adaptasyonlarını hem de yarışma performansını geliştirebilecek kritik bir bilimsel sahayı temsil etmektedir.

Performans artışını hedefleyen temel strateji, gün boyu enerji, makro ve mikro besinler ile sıvı alımının ve dağılımının en üst düzeye çıkarılmasına odaklanmaktadır. Standart önerilerin ötesinde, kültürel dinamikleri göz önünde bulunduran ve kişiselleştirilmiş diyet modellerinin, sporcuların beslenme alışkanlıklarını dönüştürmede ve sportif çıktıyı iyileştirmede daha etkin bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Nihayetinde bu yaklaşım, sadece anlık performans sonuçlarını optimize etmekle kalmayıp, aynı zamanda elit sporcuların uzun vadeli sağlığını ve fizyolojik sürdürülebilirliğini destekleyen umut verici bir metodoloji sunmaktadır [36, 40, 59].

Sporcuların Beslenme Tercihlerini Etkileyen Faktörler

Bireysel gıda seçimleri, kişisel beğeniler, maliyet, sürdürülebilirlik ilkeleri, kültürel miras, ailevi dinamikler ve dini inançlar gibi çok katmanlı unsurlardan etkilenmektedir [60]. Bu genel belirleyicilerin yanı sıra, bireylerin gıda ve beslenme bilimine dair sahip oldukları bilişsel birikim de tercihlerin şekillenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Sporcu popülasyonu özelinde beslenme, diyet örüntüsü ve besin kompozisyonunun doğrudan sportif başarıyla olan yüksek korelasyonu sebebiyle merkezî bir öneme sahiptir. Halk arasında yaygın olarak gözlemlenen vücut ağırlığı ve somatik yapıya yönelik kaygılar sporcular üzerinde de benzer bir etkiye sahip olup, bu grupta gıda seçimleri fiziksel özellikler, ağırlık yönetimi ve performans çıktılarına dair dışsal verilerle entegre bir biçimde yönetilmektedir [61, 62].

Gıda seçimini belirleyen etmenler, sporcuların uzmanlık düzeylerine ve hedeflerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu bağlamda, rekreasyonel amaçlı faaliyet gösteren bireyler ile elit seviyedeki ulusal veya uluslararası yarışmacıların beslenme motivasyonları ve seçim kriterleri arasında belirgin farklılıklar saptanmaktadır [63].

Vücut Kompozisyonu

Genel itibariyle vücut kompozisyonu, lipit doku, kemik yapısı, kas hücresi, hücreler arası sıvılar ve muhtelif organik bileşenlerin birleşiminden meydana gelmektedir. Söz konusu yapısal bütünlük, akademik ve klinik değerlendirmelerde temel olarak yağlı ve yağsız kütle şeklinde iki ana kategoriye ayrılarak incelenmektedir. Bu bağlamda kas, iskelet dokusu, sıvı içeriği, nörovasküler yapılar ve diğer organik maddeler yağsız kütle bileşenleri içerisinde yer alırken, yağlı kütle ise subkutan doku, depo yağları ve esansiyel lipitler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bireysel yaşam döngüsünü doğrudan etkileyen bu kompozisyonel dağılımın şekillenmesinde, yaş ve cinsiyet değişkenlerinin yanı sıra mevcut kas kütlesi, fiziksel aktivite düzeyi, patolojik süreçler ve beslenme alışkanlıkları belirleyici unsurlar olarak öne çıkmaktadır [64].

Atletik sağlık ve performans kapasitesinin temel belirleyicileri olarak kabul edilen vücut kompozisyonu ve beslenme [65], sporculara branşlarına özgü morfolojik avantajlar sağlayan dinamik bir etkileşimi temsil etmektedir [6, 66]. Branşa özgü gereksinimler doğrultusunda, aerobik sporlarda düşük yağ oranı ve merkezi yağ dağılımının kısıtlılığı operasyonel verimliliği artırırken [67–70], anaerobik branşlarda kas kütlesi ve alt ekstremitte kuvveti patlayıcı performans çıktıları için kritik öneme sahiptir [6, 71–74].

Fizyolojik Faktörler

Bireysel gıda tercihleri, aromatik nitelikler, tat ve görsel estetik gibi duyuşal deneyimlerin yanı sıra iştah ve doyumluk sistemleri tarafından yönetilen karmaşık bir süreci ifade etmektedir [75]. Geleneksel olarak açlık dürtüsünün giderilmesi temel motivasyon kaynağı olsa da elit sporcular özelinde performans hedefleri ve vücut ağırlığı yönetimi, lezzet ve iştah sinyallerinin önüne geçebilmektedir [76]. Özellikle yoğun fiziksel aktivite, iştahı düzenleyen hormonal dalgalanmalar, vücut ısısındaki değişimler ve gastrointestinal kan akışındaki azalmalar neticesinde iştahın geçici olarak baskılanmasına yol açabilmektedir. Benzer şekilde yüksek irtifa ve sıcak iklimler

de inhibisyon etkisi yaratmaktadır. Bu fizyolojik tepkiler ve düşük sıcaklıkların iştahı stimüle edebilen doğası göz önüne alındığında, sporcuların enerji ihtiyaçlarını belirlemede açlık hissi güvenilir bir gösterge kabul edilmemekte, bireylerin iştah kaybına rağmen beslenebildiği veya ağırlık hedefleri uğruna açlık sinyallerini bilinçli olarak göz ardı edebildiği gözlemlenmektedir [77].

Gıda bileşenlerinin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri, özellikle lif, yağ ve karbonhidrat içeriği, doygunluk mekanizmalarını ve makro besin dengesiyle ilgili homeostatik süreçleri (vücudun içsel denge durumu) doğrudan etkilemektedir [78, 79]. Egzersiz sonrası süreçte besin maddesi oksidasyonu ile ilgili olarak karbonhidrat depolarını yeniden tesis etmeye yönelik beslenme eğilimleri artsa da bu durumun deneysel tasarımlara ve incelenen popülasyonlara göre farklılıklar sergileyebildiği saptanmıştır. Sonuç olarak, gıda seçimleri, duyu haz, çevresel koşullar ve homeostatik gereksinimlerin, bireyin cinsiyeti, yaşı, sosyoekonomik düzeyi ve spesifik performans hedefleriyle dinamik bir biçimde etkileşime girdiği bütüncül bir mekanizma çerçevesinde şekillenmektedir [80].

Psikolojik Faktörler

Vücut kompozisyonu ve ağırlık yönetimi, besin seçim süreçlerini belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Performansı optimize etmek veya hedeflenen fiziksel forma ulaşmak amacıyla uygulanan bilişsel ve bilinçli diyet kısıtlamaları, sporcu popülasyonunda sıklıkla gözlemlenen karakteristik bir davranış örüntüsü olarak tanımlanmaktadır. Özellikle jimnastik ve yüzme gibi vücut morfolojisinin ve estetik standartların performansla doğrudan ilişkilendirildiği branşlarda, sporcuların yeme bozuklukları geliştirme riski altında bulunduğu saptanmıştır. Bu bağlamda sporcuların hem estetik kaygılar hem de rekabetçi performans gereklilikleri doğrultusunda ideal vücut ağırlığına erişmek amacıyla besin alımlarını sınırlandırdıkları görülmektedir. Sonuç olarak, kilo kontrolü odaklı motivasyonların sporcuların diyet tercihlerinde merkezi bir itici güç teşkil ettiği kabul edilmekle birlikte, bu fenomenin karmaşık doğasını ve uzun vadeli etkilerini netleştirmek adına daha kapsamlı bilimsel araştırmalara gereksinim duyulmaktadır [62, 81].

Yaşam Tarzı Faktörleri

Beslenme tercihlerini şekillendiren temel unsurlar, bireylerin benimsedikleri yaşam tarzı modellerine göre heterojenlik sergilemektedir [82]. Fiziksel aktivite ve spor katılımı, sağlığın korunması veya geliştirilmesi, ideal vücut ağırlığına erişim ve somatik zayıflık arzusu gibi çeşitli motivasyonel faktörlerle desteklenmektedir [83]. Hem bireysel hem de takım sporları üzerinde yürütülen bilimsel çalışmalar, performans parametrelerinin beslenme tercihlerini belirleyen en öncelikli kriterlerden biri olduğunu kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, bir sporcunun beslenme rejimine yönelik sergilediği hassasiyet, icra edilen spor dalının niteliği, sezonun evresi, sporcunun kondisyon düzeyi ve rekabet derecesi gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşmaktadır. Örneğin, antrenman yoğunluğunun kritik seviyede olmadığı sezon dışı dönemlerde hokey oyuncularının besin seçimlerinde daha esnek davrandığı, buna mukabil yüksek rekabetçi triatletlerin performans optimizasyonunu destekleyen gıdalara yöneldiği görülmektedir. Ayrıca dayanıklılık branşlarıyla kıyaslandığında, kuvvet sporcularının besin içeriği gibi performans odaklı unsurlara daha az önem verdiği saptanmıştır. Sonuç olarak, sporcu popülasyonuna yönelik beslenme planlamalarında bu bağlamsal ve branşa özgü dinamiklerin dikkate alınması önemli bir gereklilik olarak kabul edilmektedir [61, 84].

Sosyal Faktörler

Diyet bileşimi, bireyin gündelik yaşam rutinlerini şekillendiren sosyal dinamikler tarafından büyük ölçüde yapılandırılmaktadır. Mesleki yükümlülükler, akademik takvimler ve yoğun antrenman programları gibi zaman kısıtları, sporcuların hazırlanması hızlı ve pratik gıdalara yönelmesine sebebiyet vermektedir. Özellikle egzersiz sonrası enerji dengesinin ivedilikle tesis edilmesi gerekliliği, kolay erişilebilir besinlerin tercih edilme sıklığını artırmaktadır. Beslenme ortamlarındaki seçenek çeşitliliği ve akran etkileşimi gibi çevresel faktörler, tüketim hacmi üzerinde belirleyici olabilmekte, genç sporcuların ise deneyimli takım arkadaşlarının diyet tercihlerinden anlamlı düzeyde etkilendiği saptanmaktadır [61, 85, 86].

Buna ek olarak, sporcuların gıda seçimleri kuşaktan kuşağa aktarılan geleneksel değerler, etnik köken ve dini inanç sistemleriyle derinlemesine ilintilidir. Bazı sporcularda teolojik kabuller beslenme rejiminin temelini oluştururken, diğerlerinde ailevi geleneklerin etkisi daha sınırlı kalabilmektedir. Özellikle güreş ve at yarışı gibi

köklü geçmişe sahip branşlarda, performans kazanımı hedefleyen geleneksel pratiklerin güncel bilimsel tavsiyelerin önüne geçebildiği ve sağlık önerilerini baskıladığı gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, kültürel ve sosyal faktörlerin sporcu popülasyonundaki besin seçimi süreçlerinde merkezi ve belirleyici birer paydaş olduğu kabul edilmektedir [87, 88].

Ekonomik Faktörler

Gıda ürünlerinin tercih edilmesi süreçlerinde maliyet unsurları belirleyici bir rol oynamaktadır, bu durum özellikle düşük gelirli kesimler ve öğrenci popülasyonu için öncelikli bir kısıt teşkil etmektedir. Bazı spor dallarının yüksek katılım maliyetleri, bu branşların yalnızca ekonomik yeterliliği bulunan bireyler tarafından icra edilmesine zemin hazırlayarak dolaylı bir seçim mekanizması oluşturmaktadır. Ancak gelir düzeyi, gıda seçimlerinde her zaman mutlak bir belirleyici olarak değerlendirilmemeli, pek çok birey için harcanan maddi kaynağın karşılığını en iyi şekilde alabilme (fiyat-yarar dengesi) motivasyonunun da temel bir tercih kriteri olduğu göz önünde bulundurulmalıdır [76, 86, 89].

Fizyolojik Açlık

Tarihsel süreçte bireysel gıda tercihlerini belirleyen temel unsurun, iştah ve doyumluk hissiyle şekillenen açlık dürtüsünü ayarlamak olduğu kabul edilmektedir. Buna karşın, orta veya yüksek şiddetli fiziksel aktivitelerin ardından hormonal dalgalanmalar, vücut ısısındaki değişimler ve sindirim sistemdeki kan akışının azalması gibi fizyolojik etkenlere bağlı olarak iştahın geçici bir süreliğine baskılanabildiği gözlemlenmektedir. Çevresel faktörler bağlamında yüksek irtifa ve sıcak iklimlerin iştah üzerinde inhibe edici bir etki yarattığı, buna mukabil düşük sıcaklıkların enerji sarfiyatını artırarak iştahı stimüle edebildiği saptanmıştır. Sporcu popülasyonunda besin tüketim davranışlarının her zaman fizyolojik sinyallerle örtüşmediği, bireylerin iştah kaybına rağmen beslenebildiği veya hedeflenen vücut ağırlığına ulaşmak adına açlık duygusunu bilinçli olarak göz ardı edebildiği bilinmektedir. Bu durum, fiziksel performans odaklı gruplarda açlık hissinin gerçek enerji ihtiyacını belirlemede yanıltıcı bir gösterge teşkil edebileceğini ortaya koymaktadır.

Besin alımının kontrolünde ve vücut ağırlığının yönetiminde kritik bir parametre olan doyumluk hissi, tüketilen gıdaların miktarı ile fiziksel ve kimyasal karakteristiklerinden doğrudan etkilenmektedir. Özellikle yarışma sezonlarında titiz

bir ağırlık denetimine gereksinim duyan sporcular için yulaf ve arpa gibi lifli gıdaların, diyet yağlarının ve karbonhidratların kontrollü tüketimi, tokluk süresini uzatan temel stratejik yaklaşımlardır [15, 46, 78, 79].

Fiziksel Aktivite ve Fiziksel Uygunluk

Egzersiz terimi, fiziksel aktivitenin yapılandırılmış, belirli bir plana dayalı, hedef odaklı ve tekrarlı bir alt kategorisi olarak tanımlanmaktadır. Literatürde sıklıkla birbirinin yerine kullanılan "egzersiz" ve "antrenman" kavramları, temel olarak bireyin serbest zamanlarında gerçekleştirdiği, sağlığı koruma, fiziksel performansı artırma veya fiziksel uygunluğu geliştirme gayesi güden faaliyetleri nitelendirilmektedir. Buna karşın "spor" kavramı, rekabetçi bir yapıda veya rekreasyonel amaçlı, belirli kurallar manzumesine bağlı olarak icra edilen daha geniş bir faaliyet alanını kapsamaktadır. Bireysel ya da takım halinde gerçekleştirilen bu spor faaliyetleri, çeşitli kurumsal yapılar veya spor otoriteleri tarafından koordine edilebilmektedir.

Fiziksel uygunluk ise, bireyin günlük rutinlerini aşırı bitkinlik yaşamadan, yüksek bir enerji ve zindelle sürdürebilme, serbest zaman aktivitelerine katılım sağlayacak ve beklenmedik durumlara yanıt verebilecek yeterli kapasiteye sahip olma yeteneği şeklinde ifade edilmektedir. Bu bağlamda fiziksel uygunluk, kardiyorespiratuar dayanıklılık (aerobik güç), iskelet kasının kuvvet, güç ve dayanıklılık özellikleri, esneklik, denge, hareket hızı, reaksiyon süresi ve vücut kompozisyonu gibi pek çok kritik unsuru içeren kapsamlı bir yapı sergilemektedir [23].

Fiziksel ve sportif faaliyetlerin bilimsel bir çerçevede ele alınmasında, terminolojik birliğin ve geçerli tanımların kullanılması temel bir gerekliliktir. Genel bir ifadeyle fiziksel aktivite, iskelet kaslarının çalışması neticesinde enerji tüketimine yol açan her türlü bedensel hareket olarak tanımlanmakta olup bu kapsam, mesleki çalışmaların yanı sıra ulaşım süreçlerini ve serbest zaman aktivitelerini de içermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) perspektifiyle "aktif bireyler", fiziksel hareketliliği gündelik yaşam rutinlerine entegre eden ve yürüyüş, bisiklet kullanımı veya bahçe işleri gibi eylemler vasıtasıyla küresel sağlık tavsiyelerini yerine getiren kişi ya da grupları ifade etmektedir. Bireylerin yetenek düzeyinden bağımsız olarak icra edebildiği rekreasyonel uygulamalar, oyunlar ve çeşitli spor dalları, aktif bir yaşam tarzının sürdürülebilirliğinde merkezi bir rol oynamaktadır [23].

Sporcularda Enerji Dengesi Önemi

Sportif performansın arttırılması ile yaralanma ve hastalık risklerinin asgari düzeye indirilmesi, nitelikli beslenme protokollerinin uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Enerji alımındaki (kcal) eksikliklerin yanı sıra, özellikle kadın sporcu popülasyonunda karbonhidrat ve D vitaminine ek olarak protein, kalsiyum ve demir tüketiminin yetersiz seyretmesi literatürde yaygın olarak rapor edilen temalar arasındadır. Bu besin bileşenlerinin performans üzerindeki stratejik rolleri, tüketim düzeylerinin hassasiyetle izlenmesini ve denetlenmesini gerektirmektedir. Kalori alımı, organizmanın fizyolojik fonksiyonlarını idame ettirmesi ve performans için gerekli enerjiyi üretmesi adına beslenme planının temelini teşkil etmekte, enerji ihtiyacının tam olarak karşılanması, toplam enerjinin kısıtlı olduğu durumlarda temini güçleşen makro ve mikro besin öğelerinin yeterli düzeyde alınmasını da teminat altına almaktadır.

Vücut kompozisyonunun şekillenmesinde de kritik bir parametre olan enerji dengesi hem aerobik hem de anaerobik yoğunluktaki antrenmanlarda vücudun öncelikli yakıt kaynağı niteliğindeki karbonhidratlar (endojen ve eksojen), sporcu diyetinin merkezî ve vazgeçilmez bir bileşeni olarak kabul edilmektedir [21, 90–92].

Sportif başarının optimize edilmesi, antrenman şiddeti ve toparlanma aşamalarıyla uyumlu, yeterli düzeyde bir besin alım dengesinin kurulmasına dayanmaktadır [93]. Bu dengenin temel yapı taşı olan enerji kullanılabilirliği, egzersiz yükü sonrasında hayati fonksiyonların idamesi için kalan enerji miktarını ifade ederken, toplam enerji harcamasının %65-80'ini oluşturan dinlenme metabolizma hızının (RMR), yetersiz enerji alımı durumunda adaptif bir yanıt olarak baskılandığı bilinmektedir [93, 94]. Özellikle dayanıklılık sporcularında performans veya estetik kaygılarla gerçekleştirilen kalori kısıtlamaları, endokrin, kardiyovasküler, immün ve iskelet sistemleri üzerinde ciddi fizyolojik riskler oluşturmaktadır [14, 95].

Literatür, 24 saatlik toplam denge korunsa dahi gün içindeki enerji açığının 300 kaloriyi aşmasının RMR değerlerinde düşüşe yol açtığını kanıtlarken [96–98], üniversite düzeyindeki futbolcular gibi profesyonel gruplarda da enerji tüketiminin fiziksel aktivite gereksinimlerinin gerisinde kaldığı gözlemlenmektedir [99]. Bu noktada, kas kütlesi kayıplarını ve hipoglisemiye bağlı artan insülin yanıtı neticesinde gelişen yağ kazanımı ile aşırı yeme eğilimlerini önlemek adına, fiziksel aktivitenin

olmadığı süreçlerde her üç saatte bir besin alımı önerilmektedir [100, 101]. Fiziksel aktivite esnasında ise periyodik spor içeceği kullanımıyla kan şekerinin ve plazma hacminin kararlı bir duruma getirilmesi, glikojen depolarının tükenmesi ve su kaybı kaynaklı erken yorgunluk riskini en aza indirmektedir [102, 103]. Dolayısıyla, antrenman yoğunluğuyla eşgüdümlü besin alım zamanlaması yaklaşımları ve profesyonel diyet yönetimi, sakatlık riskinin azaltılması, yorgunluğun yönetilmesi ve psikolojik kökenli yeme bozukluklarının engellenmesi açısından bütüncül bir gereklilik teşkil etmektedir [15].

Ergenlik döneminde bireysel beslenme gereksinimleri, olgunlaşma düzeyi, vücut kompozisyonu, fiziksel aktivite yoğunluğu, kronolojik yaş ve cinsiyet gibi değişkenlere bağlı olarak belirgin çeşitlilik arz etmektedir. Ergen sporcular için doğru ve kişiselleştirilmiş beslenme stratejilerinin uygulanması, performansı, adaptasyonu ve toparlanma süreçlerini desteklemenin yanı sıra, kritik büyüme ve gelişim taleplerinin karşılanması ile genel sağlığın idamesi açısından çok gereklidir. Yetişkin bireylerle kıyaslandığında ergenler, madde depolama kapasiteleri ve metabolik işleyişleri açısından kendine özgü niteliklere sahip olup, olgunlaşma sürecine eşlik eden çok boyutlu fizyolojik ve metabolik dönüşümler bireysel besin gereksinimlerini doğrudan şekillendirmektedir.

Bu dönemdeki enerji ve besin ihtiyaçları temel olarak, mevcut antropometrik ölçümler, olgunlaşma hızı ile zamanlaması ve icra edilen sporun dinamik talepleri arasındaki üçlü etkileşim çerçevesinde belirlenmektedir. Organizmanın bu gereksinimleri, temel enerji kaynakları olan karbonhidrat, protein ve yağların optimal alımıyla tesis edilmekte, ergen sporcuların özel enerji tüketim hedefleri ise öncelikle toplam günlük enerji harcaması (TDEE) parametresine dayandırılmaktadır [104–107].

Fiziksel aktivitenin karakteristiğine bağlı olarak uygun enerji üretimini sağlamak amacıyla metabolik maddelerin yüklenme stratejileri, spor diyetetiği disiplini içerisinde temel bir uzmanlık sahası oluşturmaktadır. Bu bağlamda, sprint performanslarında verimliliğin artırılması kas kreatin fosfat düzeylerinin iyileştirilmesi veya muhafazası ile doğrudan ilişkili iken [108] futbol, basketbol, hentbol ve hokey gibi takım sporları ile orta mesafe koşularında karaciğer ve kas glikojen rezervlerinin korunması, performansın sürdürülebilirliği açısından kritik bir gereklilik olarak tanımlanmaktadır [109]. Bununla birlikte, maraton ve ultra dayanıklılık bisiklet disiplinleri gibi yüksek düzeyde efor gerektiren süreçlerde, kas

glikojenin korunmasının yanı sıra serbest yağ asitlerinin (FFA) yüksek konsantrasyonda bulunması, performansın tesis edilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, her bir spor branşının kendine özgü metabolik taleplerine göre şekillendirilen madde yükleme protokolleri, performansın artırılması belirleyici bir faktör olarak kabul edilmektedir [41].

Genel sağlık parametrelerinin korunması ve performansın üst düzeye çıkarılması, organizmanın ihtiyaç duyduğu enerji miktarının diyetle eksiksiz karşılanmasına doğrudan bağlıdır. Enerji sarfiyatı ile kalori alımı arasındaki dengesizlik sonucunda ortaya çıkan "düşük enerji kullanılabilirliği" (EA), hormonal bozukluklar, bağışıklık sisteminin baskılanması, kardiyovasküler sorunlar ve düşük kemik mineral yoğunluğuna bağlı stres kırıklara zemin hazırlamaktadır. Sporcu popülasyonunda %22 ile %58 arasında bir yaygınlığa sahip olduğu saptanmış olan bu durum, başlangıçta adet düzensizliği ve kemik sağlığı sorunlarını içeren "kadın sporcu üçlüsü" olarak kavramsallaştırılsa da 2015 yılında Uluslararası Olimpiyat Komitesi tarafından kapsamı genişletilerek her iki cinsiyeti ve daha geniş klinik tabloları ihtiva eden "sporda göreceli enerji eksikliği" (RED-S) olarak revize edilmiştir [110]. RED-S, özellikle erkek bisikletçiler ve dayanıklılık sporcularında da saptanan bir risk unsuru olup, güreş gibi kilo hassasiyeti bulunan branşlarda performans kazanımı uğruna başvurulan kısıtlayıcı beslenme modelleriyle birleşerek yeme bozukluğu riskini ve psikolojik stres faktörlerini tetikleyebilmektedir.

Bu bağlamda, egzersiz sonrası doku onarımı ve rejenerasyon süreçlerini desteklemek amacıyla yeterli protein alımının sağlanması önemli bir gereklilik teşkil etmektedir. Ancak kas protein sentezi ve amino asit metabolizmasındaki cinsiyet temelli varyasyonlar, özellikle yüksek aerobik ve anaerobik talepleri olan branşlarda kadın sporcuların iyileşme süreçlerini optimize etmek adına kişiselleştirilmiş protein alım miktarlarına ihtiyaç duyabileceğini ortaya koymaktadır. Nihayetinde, yapılandırılmış beslenme desteği ve eğitim odaklı müdahaleler, antrenörlerin sağlıklı kilo yönetimi stratejilerini teşvik etmesi, kısıtlayıcı yeme pratiklerinden kaynaklanan metabolik bozuklukları ve beslenme yetersizliklerini asgari düzeye indirmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir [110–114].

Makro Besinler

İnsan metabolizması için elzem olan temel besin kaynakları ve bunlara ait metabolitler, karbonhidratlar, proteinler ve lipitlerden oluşmaktadır [115]. Fiziksel aktivite düzeylerindeki artışın, beslenme ve enerji gereksinimleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir, bu bağlamda egzersizin şiddeti, süresi ve biçimi makro besin ihtiyaçlarını doğrudan şekillendirmektedir [44, 116]. Özellikle yüksek yoğunluklu ve uzun süreli performanslarda karbonhidrat kullanımı kritik bir faktör olup vücuttaki glikojen depolarının sınırlı kapasitesinin ötesinde gerçekleşen tüketim, verimlilik kaybının temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir [117]. Bu doğrultuda, yorgunluğun geciktirilmesi ve dayanıklılığın muhafazası amacıyla egzersiz öncesi, sırası ve toparlanma evrelerini kapsayan stratejik karbonhidrat alımı önerilmektedir ve bu takviyelerin performansı iyileştirdiği savunulmaktadır [118, 119].

Makro besin öğelerine yönelik ihtiyaçlar spor branşlarına göre değişkenlik göstermekte, kuvvet sporcuları doku onarımı ve gelişimi için proteine odaklanırken, dayanıklılık sporcuları enerji dengesi için karbonhidratları, kas bütünlüğü için ise proteinleri merkeze almaktadır [120]. Genel popülasyondan farklılaşan bu gereksinimlerin sporun karakteristiğine göre optimize edilmesi, adaptasyon ve toparlanma süreçleri açısından hayati önem taşımaktadır. Bazı branşların doğasından kaynaklanan beslenme zorlukları ve sporcu popülasyonunda saptanan yetersiz besin alımı riskine karşı, enerji harcamasının nitelikli ve yeterli miktarda gıda ile tam olarak karşılanması, egzersiz kaynaklı yorgunluğu önlemek ve genel performansı en üst seviyeye çıkarmak adına temel bir zorunluluktur [121].

Sporcular arasında, egzersiz sonrası fizyolojik işlevsellik için gerekli olan beslenme enerjisinin yetersizliği şeklinde tanımlanan düşük enerji kullanılabilirliği (EA), tüm kategorilerde yaygın bir sorun olarak görülmektedir. Kasıtlı veya bilinçsiz kalori kısıtlamasından kaynaklanan bu durum, sıklıkla sporcuların beslenme gereksinimlerine dair bilgi noksanlığı ile ilişkilendirilmektedir. Düşük EA düzeylerinin kronikleşmesi neticesinde ortaya çıkan "sporda göreceli enerji eksikliği" (RED-S), enfeksiyonel duyarlılık, patolojik durumlar ve bitkinliğin yanı sıra endokrin, gastrointestinal, renal ve kardiyovasküler sistemler başta olmak üzere çok sayıda fizyolojik ve psikolojik fonksiyonun bozulmasına sebebiyet vermektedir.

Sürdürülebilir büyük enerji açıklarının hormonal dalgalanmalara, katabolik belirteçlerin artışına ve kadınlarda adet düzensizliğine yol açtığı saptanırken, özellikle kadın sporcu popülasyonunda karbonhidrat, demir ve kalsiyum alımının yetersiz seyrettiği gözlenmektedir. Benzer şekilde, rekabetçi düzeydeki erkek dayanıklılık sporcularının %80'e varan bir oranının düşük EA riski altında bulunduğu, bu durumun ise bazal metabolizma hızında düşüş, ruh hali değişimleri ve visseral yağ birikimi ile birlikte dehidrasyon, yaralanma ve performans kaybı riskini artırdığı rapor edilmektedir [122–124].

Proteinler

Güç ve kuvvet odaklı sporlarda, anaerobik karakterdeki antrenman yüklenmeleri sırasında protein içeriği yüksek gıdaların ve esansiyel amino asitlerin tüketimi stratejik bir öncelik olarak kabul edilmektedir [125]. Literatürde, antrenman düzeyinden bağımsız olarak güç sporcularının standartların üzerinde protein alması gerektiğine dair geniş kapsamlı bir akademik konsensüs mevcuttur [126]. Protein bileşenleri, egzersiz esnasındaki enerji gereksinimlerine kısıtlı düzeyde katkı sağlasa da, sahip olduğu fizyolojik nitelikler vasıtasıyla sonraki antrenman seanslarında performans artışını desteklemekte ve özellikle dayanıklılık egzersizleri sonrasında iskelet kasında meydana gelen doku hasarlarının onarımını kolaylaştırmaktadır [127].

İskelet kası, kemik ve bağ dokularının yenilenmesi ile yeniden modellenme süreçlerini optimize etmek amacıyla sporcuların, genel popülasyona yönelik tavsiye edilen miktarların üzerinde diyet proteini almaları zorunludur. Ulusal Tıp Akademisi tarafından yetişkin bireyler için günlük 0,8 g/kg olarak belirlenen standart alım miktarının aksine, Beslenme ve Diyetetik Akademisi, Kanada Diyetisyenleri ve Amerikan Spor Hekimliği Koleji'nin ortak bildirisi, sporcuların toparlanma süreçlerini desteklemek adına bu oranı günlük 1,2–2,0 g/kg bandında tutmaları gerektiğini önermektedir.

Maksimum kas protein sentezi (MPS) oranlarına daha sık erişebilmek için protein alımının gün içerisinde dengeli bir şekilde dağıtılması, her 4–5 saatlik aralıklarla öğün başına yaklaşık olarak 0,31 g/kg dozunda tüketilmesi tavsiye edilen bir yaklaşımdır. Ayrıca, iskelet kası sağlığının sürdürülmesi ve gelişimini desteklemek amacıyla uyku öncesi protein tüketimi, beslenme stratejilerinin tamamlayıcı bir unsuru olarak değerlendirilmektedir [6, 128–131].

Protein tüketimi, şiddetli fiziksel aktivite ve yüksek stres koşullarının oluşturduğu fizyolojik taleplerin karşılanmasında kritik bir öneme sahiptir, proteinlerin toplam günlük kalori alımının %10 ile %15'ini oluşturması önerilmektedir [132] [23]. Proteinler sadece doku onarımı, tokluğun sağlanması, ısı dengesi ve glisemik denge gibi çok hayati süreçte önemli bir rol üstlenmektedir. İnsan organizmasında bulunan yaklaşık 50.000 farklı protein türünün %65'inin iskelet kasında bulunması nedeniyle kas ve kemik sağlığının devamı için yeterli diyet proteininin alınmasını zorunlu kılmaktadır [133, 134].

Kas protein sentezi (MPS) ve kas protein yıkımı (MPB) oranları, dayanıklılık ve direnç antrenmanları sırasında ve sonrasında uyarılarak birikmiş bir adaptasyon yanıtı oluşturmaktadır. Bu süreçte sadece kuvvet üretiminden sorumlu miyofibriler proteinler değil, aynı zamanda dayanıklılık performansı için kritik olan yeni mitokondriyal proteinler de sentezlenmektedir [135–137].

Sporcuların protein gereksinimleri, doku adaptasyonu ve yüksek metabolik ihtiyaçlar nedeniyle sedanter bireylere göre belirgin şekilde fazladır, ancak tüketim miktarının aşırıya kaçmadan stratejik bir plan dahilinde gerçekleştirilmesi önemlidir [110].

Protein sentezinin anabolik (kas yapımı) uyarımı, özellikle lösin olmak üzere dokuz temel amino asidin (EAA) mevcudiyetine doğrudan bağlıdır [13]. Bu bağlamda, protein kaynaklarının niteliği ve biyoyararlanımı büyük önem taşımaktadır:

Tablo 1: Kaynaklarına Göre Proteinlerin Karakteristik Özellikleri ve Kritik Notlar

Protein Kaynağı	Karakteristik Özellikleri	Kritik Notlar
Hayvansal Proteinler	Tüm EAA'ları optimal oranlarda sağlar; yüksek biyoyararlanım.	Tavuk, et, yumurta ve süt ürünleri.
Deniz Kaynaklı Proteinler	Biyolojik olarak aktif peptitler ve BCAA bakımından zengindir.	Balık, tunikat ve çift kabuklular; toparlanmayı hızlandırır.
Bitkisel Proteinler	Lif ve antioksidan sağlar ancak bazı EAA'larda (lizine veya sülfür AA) eksik olabilir.	Baklagiller ve tahılların kombinasyonu (komplementasyon) gereklidir.

Tablo 1, protein kaynaklarının vücuttaki fonksiyonel etkilerine ve besinsel avantajlarına daha derinlemesine bir bakış sunmaktadır. **Hayvansal Proteinler**, yüksek biyoyararlanım sunmaları ve tüm temel amino asitleri (EAA) optimal seviyede içermeleri nedeniyle tavuk, et ve yumurta gibi besinler üzerinden tanımlanmaktadır. **Deniz Kaynaklı Proteinler**, biyolojik olarak aktif peptitler ve BCAA bakımından zengin yapılarıyla dikkat çekmekte ve özellikle fiziksel toparlanmayı hızlandırma özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. **Bitkisel Proteinler** kategorisinde ise bu kaynakların lif ve antioksidan sağlamak gibi ek sağlık faydaları olduğu, ancak lizin veya sülfürlü amino asitler gibi bazı unsurların eksik olabileceği belirtilerek, tam protein dengesi için baklagillerin tahıllarla kombinlenmesinin (komplementasyon) kritik olduğu hatırlatılmaktadır.

Vejetaryen ve vegan sporcular, hayvansal kaynaklardaki lösin ve EAA yoğunluğunu yakalayabilmek için daha yüksek toplam protein miktarlarına ihtiyaç duyabilmektedir [13]. Özellikle peynir altı suyu proteini, zengin amino asit profili ve antioksidan özelliği ve kalbi koruyucu özellikte olması gibi biyolojik özellikleriyle sıklıkla tercih edilmektedir [138].

Proteinlerin Görevleri

Proteinler, iskelet kası dokusunun temel yapısal bileşeni olmanın yanı sıra, egzersiz sonrası dokuların yenilenmesi ve bağışıklık süreçlerinde önemli görevler üstlenmektedir [139]. Yapısal işlevlerinin yanı sıra proteinler enerji üreten enzimatik reaksiyonlarda hızlandırıcı bir işlev görmekte, bağışıklık sistemini düzenlemekte ve antioksidan kapasitesini artırarak yorgunluk belirtilerini azaltmaktadır [140]. Proteinlerin metabolik bir yakıt kaynağı olarak kullanılması öncelikli olmasa da, özellikle uzun süreli egzersizlerde toplam enerji miktarının %6'sı ile %15'i arasındaki bir oran bu kaynaktan karşılanabilmektedir. Özellikle lösin, izölösün ve valin gibi dallı zincirli amino asitlerin (BCAA) oksidasyon hızı dayanıklılık egzersizleri sırasında artış göstermekte, bu süreç cinsiyet, aktivite yoğunluğu ve karbonhidrat mevcudiyeti gibi değişkenlerden doğrudan etkilenmektedir. Ancak, proteinlerden enerji elde etmek amacıyla yoğun kullanımı, azotlu atıkların eliminasyonu neticesinde dehidrasyon riskini arttırmakta ve kemik mineral yoğunluğu üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir [141, 142]. Bu anlamda, hasar görmüş proteinlerin onarımı ve yeni

fonksiyonel kas birimlerinin sentezi için gerekli "yapı taşlarını" sağlayan esansiyel amino asit ve protein takviyelerinin bilinçli kullanımı, performansın korunması ve antrenman gereksinimlerinin karşılanması bakımından önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir [137, 138, 143].

İnsan beslenmesi için gerekli olan 20 tür amino asit, vücudun üretebildiği 11 önemsiz (NEAA) ve dışarıdan alınması zorunlu olan 9 temel (EAA) amino asit olarak ikiye ayrılır. Özellikle lösin, izolösin ve valinden oluşan Dalı Zincirli Amino Asitler (BCAA'lar), sinir fonksiyonu, insülin düzenlemesi ve protein metabolizmasındaki benzersiz rolleriyle öne çıkar [138].

Tablo 2: Protein Kaynakları, Temel Özellikleri ve Örnekler

Protein Kaynağı	Özellikleri	Önemli Örnekler
Tam Proteinler	Dokuz temel amino asidin tamamını optimal oranlarda sunar.	Yumurta, süt ürünleri, balık, kümes hayvanları, soya.
Bitkisel Proteinler	Tamamlayıcı kombinasyonlarla (protein komplementasyonu) tüketilmelidir.	Baklagiller, tofu, kinoa, kuruyemişler.
Takviyeler	Yüksek EAA ve BCAA içeriğiyle hızlı emilim ve biyolojik etkinlik sağlar.	Peynir altı suyu (Whey), lösin, valin, izolösin.

Tablo 2, proteinleri biyolojik yapılarına ve tüketim formlarına göre üç temel kategoriye ayırarak bunların karakteristik özelliklerini ve örnek besinlerini özetlemektedir. **Tam Proteinler** kategorisi; yumurta, süt ürünleri, et ve soya gibi besinlerin, vücudun ihtiyaç duyduğu dokuz temel amino asidin tamamını ideal oranlarda sunduğunu belirtmektedir. **Bitkisel Proteinler** bölümünde, baklagiller ve kuruyemiş gibi kaynakların tek başlarına eksik kalabileceği, bu nedenle "protein komplementasyonu" (tamamlayıcı kombinasyonlar) yoluyla tüketilmelerinin gerekliliği vurgulanmaktadır. **Takviyeler** kısmında ise, peynir altı suyu (Whey) ve BCAA (lösin, valin, izolösin) gibi

ürünlerin, yüksek temel amino asit içeriği sayesinde vücut tarafından hızlıca emilerek biyolojik etkinliği artırdığı ifade edilmektedir.

Proteinlerin Önemi ve Gereksinimleri

Hareketsiz yetişkinler için önerilen 0,8 g/kg/gün seviyesindeki protein alımı, aktif bireylerin nitrojen dengesini ve fonksiyonel kapasitesini korumada yetersiz kalabilmektedir. Peynir altı suyu gibi yüksek kaliteli kaynaklardan 20–30 gramlık dozlar anabolik yanıtı uyarmak için genellikle yeterli kabul edilse de, bazı veriler 100 gramlık alımların daha uzun süreli bir sentez yanıtı oluşturabileceğini savunmaktadır [134, 144].

Egzersizli takip eden ilk bir saat içerisindeki protein alımı (anabolik pencere), miyozin ağır zincir dağılımını olumlu bir şekilde etkilediğinden popülerlik kazansa da, güncel kanıtlar anabolik bir ortam tesisi için en belirleyici faktörün toplam günlük protein alım miktarı olduğunu vurgulamaktadır [134]. Ayrıca, kas protein sentezi oranlarını en üst seviyeye çıkartmak için protein alımının günün tamamına eşit dağıtılması ve gece yenilenmesini desteklemek adına uyku öncesi tüketimi benimsenen yaklaşımlar arasındadır [131, 145]. Sağlıklı bireylerde yüksek proteinli diyetlerin böbrek veya kemik sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisi saptanmamış olup, işlenmiş etlerin aksine kırmızı etin makul tüketiminin kardiyovasküler risklerle doğrudan ilişkili olmadığı değerlendirilmektedir [134].

Kas protein sentezinin (MPS) optimize edilmesinde, esansiyel amino asitlerin diyetle dahil edilmesinin ötesinde, yeterli enerji alımının sürdürülmesi kritik bir ön koşul olarak değerlendirilmektedir. Literatürde, %40 oranında enerji kısıtlamasına maruz kalan genç yetişkin erkekler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, yüksek düzeyde protein tüketilmesine rağmen kas protein sentezinin anlamlı derecede azaldığını, ancak direnç egzersizlerinin bu fizyolojik düşüşü kısmen azalttığını ortaya koymuştur.

Ergenlik dönemindeki bireylere yönelik spesifik araştırmalar henüz sınırlı olsa da, büyüme ve gelişim evresindeki yüksek fizyolojik duyarlılık göz önüne alındığında, hem gelişimsel süreçlerin devamı hem de performansın desteklenmesi amacıyla protein kullanımını ideal düzeylerde tutacak enerji gereksinimlerinin karşılanması öncelikli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir [13, 146].

Yumurta, sığır eti, tavuk, balık ve inek sütü gibi temel kaynaklardan elde edilen proteinlerin gereksinimi, toplam enerji alım düzeyiyle doğrudan bir ilişki içerisindedir. Negatif enerji dengesinin hakim olduğu durumlarda, kan şekerinin düzenlenmesi amacıyla karaciğer glikojeni ile birlikte endojen proteinler mobilize edilmekte, bu durum proteinin esas fizyolojik işlevleri için biyoyararlanımını kısıtlamaktadır.

Egzersiz sonrası toparlanma periyodunda, saatlik olarak kilogram başına yaklaşık 0,11 g veya günlük toplamda 1,5 g değerine ulaşan (örneğin beş ayrı öğünde kilogram başına 0,3 g şeklinde dağıtılmış) protein tüketimi, antrenman kaynaklı amino asit oksidasyon kayıplarının telafi edilmesi, protein dengesinin iyileştirilmesi ve özellikle ergen sporcularda büyüme ile gelişim süreçlerinin sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi açısından kritik bir öneme sahiptir [23, 147, 148].

Ergenlik çağındaki sporcularda kas protein sentezinin (MPS) artması, doku yenilenmesi ve büyümenin desteklenmesi hususunda protein tüketimi kritik bir element olarak değerlendirilmektedir. 8-19 yaş aralığındaki çocuk ve ergenlere yönelik mevcut genel beslenme kılavuzları, vücut ağırlığına oranla günlük 0,75-1,05 g/kg protein alımını yeterli bulsa da [149] performansın devamı toparlanma hızı ve antrenman uyumlarının güçlendirilmesi için bu miktarın günlük 1,4-2,0 g/kg düzeyine çıkarılması gerektiğini savunmaktadır [13, 134, 150].

Protein Alım Zamanlaması

Kas protein sentezinin (MPS) en üst düzeye çıkarılması, proteinin yalnızca toplam miktarına değil, aynı zamanda zamanlamasına da doğrudan bağlıdır. Alanyazın incelendiğinde, özellikle direnç temelli aktiviteleri takip eden 16-48 saatlik süreçte anabolik uyarı sürekliliğini ve doku yenilenmesini sağlamak için, 3-4 saatlik aralıklarla öğün başına 20-40 g yüksek kaliteli protein tüketimi tavsiye edilmektedir [134, 150]. Ergen sporcularda, egzersiz sonrası ilk bir saatlik dilimde protein alımına başlanması ve bu sürecin öğün ya da atıştırmalıklar aracılığıyla 2-4 saatlik aralıklarla desteklenmesi ideal kas gelişimini sağlamaktadır [151].

Egzersiz sonrası süreçte kas protein sentezini en üst düzeye çıkarmak için hem yetişkin hem de gençlerde vücut ağırlığı başına 0,25-0,30 g alınması referans değer olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda 14-18 yaş grubu bireylerde yürütülen bir çalışma, net protein dengesinin yaklaşık 0,30 g/kg düzeyinde ideal düzeye ulaştığını ve daha yüksek alımların ilave bir avantaj sağlamadığını kanıtlamıştır [148]. Elde edilen bulgulara

göre, 70 kg ağırlığındaki bir erkek futbolcu için ~18-21 g, 60 kg ağırlığındaki bir kadın basketbolcu için ise ~15-18 g protein tüketimi yeterli görülmektedir [13].

Sağlıklı yetişkinler için belirlenen günlük 0,8 g/kg düzeyindeki önerilen protein alımı, yüksek yoğunluklu antrenman yapan sporcuların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu bireylerin mevcut vücut kütlelerini koruyabilmeleri için bu değer yaklaşık iki katına 1,4-1,8 g/kg/gün ihtiyaç duydukları belirtilmiştir [152]. Genel sağlık ve performansın devamı için gerekli olan birçok metabolik süreci düzenleyen proteinlerin ideal düzeyi belirlenirken, protein kalitesi, toplam enerji ve karbonhidrat alımı, egzersizin türü, şiddeti ve tüketim zamanlaması gibi çok yönlü parametreler dikkatli bir şekilde analiz edilmelidir [153]. Literatürde sporcular için genel kabul gören alım aralığı 1,2 ila 2,0 g/kg/gün şeklinde tanımlanmıştır. Ancak UEFA uzman grubunun da belirttiği üzere antrenman adaptasyonlarını geliştirmek, toparlanma süreçlerini hızlandırmak ve kas protein sentezini (MPS) uyarmak amacıyla bu oranın 1,6-2,2 g/kg seviyesine yükseltilebileceği bildirilmektedir [18, 154, 155].

Özellikle kısıtlı diyet dönemlerinde vücut kompozisyonunu optimize etmeyi hedefleyen bireylerde gereksinimin yağsız kütle başına günlük 2,3-3,1 g düzeyine çıkabileceği ön görülürken, dayanıklılık sporcularında yüksek enerji harcamasına bağlı olarak genellikle 1,5 g/kg seviyesinde bir tüketim gözlenmektedir [156]. Bununla birlikte, yüksek proteinli diyetlere alışkın bireylerin amino asit oksidatif kapasitelerindeki artışı telafi etmek adına daha yüksek miktarlara ihtiyaç duyabileceği de vurgulanmaktadır [157]. MPS oranlarını en üst düzeye çıkarmak ve kas sağlığını korumak adına, günlük toplam alımın günün tamamına dengeli bir şekilde dağıtılarak öğün başına 20 ila 30 g (80-120 kcal) dozlar halinde tüketilmesi tavsiye edilmektedir [102, 110]. Son olarak, protein gereksiniminin spor dalı ve egzersiz sırasında artan amino asit oksidasyonu gibi faktörlere bağlı olarak bireysel bir nitelik taşıdığı unutulmamalıdır. Bitkisel kaynakların hayvansal kaynaklı proteinlere kıyasla daha düşük biyoyararlanımı nedeniyle vegan ve vejetaryen sporcuların beslenme planlamasında daha yüksek miktarları ve stratejik kombinasyonları benimsemeleri zorunluluk haline gelmektedir [150].

Dayanıklılık sporcuları için genel literatürde vücut ağırlığı başına günlük 1,2-1,6 g protein tüketimi yeterli görülmeyle birlikte kürek, yüzme, buz pateni, yol bisikleti, koşu ve ultra dayanıklılık egzersizlerinde, cinsiyet ayrımı gözetmeksizin günlük 1,5 g/kg protein alımının gerekliliği belirtilmektedir [137, 156].

Karbonhidratlar

Günümüzde elit düzeydeki performansın devamı için en vazgeçilmez enerji kaynağı olarak kabul edilen karbonhidratların tarihsel süreci tetkik edildiğinde, 1896 yılındaki modern Olimpiyatların başlangıcındaki protein odaklı paradigmanın, 1920'li yıllarda başlayan ve 1960'lardaki araştırmalarla iskelet kası glikojeninin metabolik fonksiyonunu kesinleştiren bir dönüşüm geçirdiği görülmektedir. Böylece söz konusu bilimsel farkındalığın antrenör ve sporcu düzeyinde uygulama alanı bulması ancak 1976 Montreal Olimpiyatları döneminde gerçekleşebilmiştir [121, 158–160]. Merkezi sinir sistemi ve iskelet kası için temel metabolik yakıt teşkil eden karbonhidratlar (CHO) yüksek yoğunluklu anaerobik ve dayanıklılık antrenmanlarında performansı optimize etme, toparlanma süreçlerini hızlandırma ve genel sağlığı koruma noktasında stratejik bir role sahiptir. Sindirim neticesinde glikoza indirgenerek karaciğer ve kas dokusunda glikojen formunda depolanan bu besin öğeleri, özellikle orta ve yüksek şiddetli fiziksel yüklenme sırasında temel enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [110, 161–163].

Temel Karbonhidratlar

Ağırlıklı olarak bitkisel kaynaklardan köken alan karbonhidratlar içerisinde süt, hayvansal gıdalar arasında anlamlı düzeyde sakkarit barındıran tek istisnayı teşkil etmektedir. Yapısal özelliklerine göre kompleks ve basit olmak üzere iki temel kategoride ayrılan bu makro besinlerden kompleks olanlar, nişasta ve lif bileşenlerinden oluşmaktadır.

Nişasta buğday, pirinç ve mısır gibi tahıllarda yoğunlaşırken lif unsurları tahılların dış katmanları ile meyve, sebze ve baklagillerde yer almaktadır. Basit karbonhidratlar ise meyve, belirli sebze türleri ve süt ürünlerinde doğal olarak bulunan şekerlerin yanı sıra bal, mısır şurubu ve sofr şekerleri gibi ilave edilen sakkaritleri kapsamaktadır. Bu sınıflandırmalar benzer kimyasal nitelikler barındırsa da, besinsel profilleri açısından belirgin farklılıklar arz etmektedir [164].

Basit Karbonhidratlar

Karbonhidratlar yapısal olarak monosakkarit adı verilen temel şeker birimlerinden oluşur ve lif bileşenleri haricindeki tüm formlar, organizmada hızlıca glikoza dönüştürülebilme özelliğine sahiptir. Fotosentez süreciyle sentezlenen glikozun yanı

sıra, meyve ve balda yoğun olarak bulunan fruktoz da temel monosakkaritler arasında yer almaktadır.

Bu iki birimin kombinasyonu, şeker kamışı ile pancarından rafine edilen sakkarozu (sofra şekeri) meydana getirirken, iki glikoz molekülünün birleşimi ise tohumların çimlenme evresinde veya nişastanın hidrolizi sırasında açığa çıkan maltozu oluşturmaktadır. Süt dokusundaki birincil şeker olan laktoz, bir glikoz ve bir galaktoz ünitesinden meydana gelir. Laktaz enzimi, bu bileşenin sindirilmesi için gereklidir. Laktaz enziminin sentezlenemediği veya yetersiz kaldığı durumlarda gelişen sindirilememesi süt ürünleri tüketimini takiben şişkinlik ve gaz gibi sindirim belirtileri gösterir. Bu tür enzimatik yetersizliklere sahip bireyler, fermente ürünleri (yoğurt, peynir) veya laktozsuz alternatifleri genellikle tolere edebilmektedir [164].

Kompleks Karbonhidratlar

Kompleks karbonhidratların bir formu olan nişasta, yüzlerce glikoz biriminin polimerleşmesi neticesinde meydana gelen bitkisel kökenli bir polisakkarittir. Küresel ölçekte toplumların temel enerji gereksinimleri genellikle belirli "temel tahıllar" üzerinden karşılanmaktadır, bu bağlamda Asya coğrafyasında pirinç, Kuzey Amerika ve Avrupa'da buğday, diğer bölgelerde ise mısır, arpa veya yulaf bu görevi üstlenmektedir.

Nişastanın birincil kaynakları arasında buğday, pirinç ve mısır gibi tahılların yanı sıra, bünyelerinde yaklaşık %40 oranında nişasta barındıran ve aynı zamanda nitelikli birer protein kaynağı teşkil eden fasulye, mercimek ve nohut gibi baklagiller ile patates ve tatlı patates gibi kök ve yumru sebzeler yer almaktadır [164].

Bitkisel lifler, bitkilerin yaprak, gövde ve tohum gibi kısımlarının yapısal bütünlüğünü sağlayan karbonhidrat temelli bileşenlerdir. Nişasta ile benzer şekilde polisakkarit formunda olmalarına rağmen, sahip oldukları moleküler bağların insan sindirim enzimlerince hidrolize edilememesi bu bileşikleri nişastadan ayırmaktadır.

Kereviz sapı, mısır kabuğu veya narenciye zarlarında belirgin olan bu yapılar, gıda formülasyonlarında kıvam, hacim ve doku optimizasyonu sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Sindirim sistemde oldukça kısıtlı bir parçalanmaya uğradıkları için organizmaya sağladıkları enerji katkısı minimal düzeydedir. Fizyolojik açıdan çözünür

ve çözünmeyen şekilde iki alt kategoriye ayrılan bu lif türlerinin her ikisi de genel sağlık durumunun devam edilmesi noktasında stratejik öneme sahiptir [164].

Karbonhidratların Önemi ve Gereksinimleri

Karbonhidratlar, hem aerobik hem de anaerobik enerji üretim süreçlerinde merkezi sinir sistemi ve yağsız dokular için uygun bir enerji kaynağı olması nedeniyle performansın sürdürülmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır [5, 160, 165]. Yüksek yoğunluklu aktivitelerde adenzin trifosfat (ATP) üretimi için karbonhidrat metabolizmasına duyulan birincil gereksinim, bu besin ögesinin egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında kullanımını gerekli kılmaktadır [166]. Yaklaşık olarak bir saat süren egzersizlerde karbonhidrat tüketiminin yanı sıra, ağız çalkalama protokolünün de oral reseptörler vasıtasıyla merkezi sinir sistemi üzerinde olumlu yanıtlar oluşturduğu saptanmıştır [167, 168]. Glikojen depoları ve kan şekeri düzeylerinin korunamamasının sonucu olarak zihinsel işlev bozuklukları, kortizol üretiminin artışına bağlı gelişen kas yıkımı ve yorgunluğa yol açmaktadır [5].

Toparlanma sırasında kas hücrelerinin artan insülin duyarlılığı aracılığıyla glikozu yüksek bir kapasiteyle kullanması, glikojen sentezinin tamamlanması açısından kritik bir fırsat penceresi sunmaktadır [110]. Özellikle dayanıklılık disiplinlerinde, karbonhidrat alımına protein ilavesinin kas hasarını en aza indirerek toparlanmayı ve sonraki performans çıktılarını tek başına karbonhidrat kullanımına göre daha etkili bir biçimde iyileştirdiği gözlenmektedir [169, 170]. Sonuç olarak yeterli karbonhidrat düzeyi bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve uyku kalitesi üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle sporcuların toparlanma ve antrenman adaptasyonu için vazgeçilmez bir unsur olarak değerlendirilmektedir [5].

Karbonhidrat rezervlerindeki yetersizlik, egzersiz periyodunda egzersiz öncesi yorgunluğun ortaya çıkmasına zemin hazırlamakta, antrenman yoğunluğu arttıkça sporcuların temel enerji kaynağı olarak karbonhidratlara olan bağımlılığı da doğru orantılı bir artış sergilemektedir [5, 22].

Antrenman öncesi süreçte gerçekleştirilen karbonhidrat tüketimi, kas glikojen depolarını arttırarak yorgunluk eşiğini öteleme işlevi görür. Egzersiz sonrasındaki alım, tükenen depoların hızlı bir şekilde artmasını sağlamakta, doku hasarını sınırlamakta ve yenilenme hızını arttırmaktadır. Karbonhidratların sindirim kinetiği bu süreçte belirleyici bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Antrenman öncesinde

yavaş sindirilen kompleks karbonhidratların (tam tahıllar ve yüksek lifli gıdalar) tüketimi sürdürülebilir enerji arzı noktasında fonksiyonel bir üstünlük sağlarken, antrenmanı takiben uygulanan yüksek glisemik indeksli gıda alımının (meyveler ve spor içecekleri gibi) sonraki 24 saatlik dilimde glikojen resentezini ve iyileşme süreçlerini en üst düzeye çıkardığı saptanmıştır [56].

Günlük karbonhidrat tüketiminin yapılan aktivitenin gerekliliklerine uygun olarak planlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda düşük şiddetteki egzersizler için vücut ağırlığı başına 3-5 g, çok yüksek şiddetli aktiviteler için ise 8-12 g/kg aralığında bir alım tavsiye edilmektedir. Belirlenen hedefler merkezi sinir sistemi ile iskelet kaslarının metabolik ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli karbonhidrat mevcudiyetini sağlamayı amaçlamaktadır [171]. Buna ek olarak yetersiz karbonhidrat ve enerji alımının sporcuların demir miktarını bozabileceği gerçeği, beslenme planlamasının fizyolojik bütünlüğü açısından kritik bir önem arz etmektedir [59, 172].

Karbonhidratlar sporcuların günlük antrenman yüklerini karşılamak için birincil olarak görev yapmaktadır. Ergenlik dönemindeki sporcularda diyet kompozisyonunun asgari %50'sinin bu makro besinden karşılanması teşvik edilmektedir. Yetişkinlere kıyasla daha sınırlı glikojen depolama kapasitesine sahip olan ergen sporcular, uzun süreli veya yüksek şiddetli aktiviteler esnasında karbonhidratlara daha yüksek oranda ihtiyaç göstermektedirler. Glikojen tükenmesinin genç sporcularda yorgunluğun oluşmasındaki kritik rolü nedeniyle, özellikle turnuvalar ve ardışık müsabaka dönemlerinde karbonhidrat depoların hızlı bir şekilde yenilenmesi önemli bir gereklilik olarak sunulmaktadır [13, 173].

Günlük karbonhidrat gereksinimleri antrenman yoğunluğuna bağlı olarak 6–10 g/kg/gün düzeyinde seyrederken, 4–5 saatlik ekstrem egzersiz programlarında bu ihtiyacın 8–12 g/kg/gün seviyesine yükseldiği bildirilmektedir. Egzersiz içi stratejilerde 75 dakikanın altındaki seanslarda ek takviye gereksinimi çok az düzeydeyken, yüklenme süresinin 75 dakika ile 2,5 saat arasında olduğu durumlarda saatlik 30–60 g CHO tüketiminin fonksiyonel fayda sağladığı saptanmıştır. Yenilenme sürecini en üst düzeye çıkarabilmek için antrenman sonrasında her egzersiz saati için 1–1,2 g/kg CHO alımı tavsiye edilmektedir. Bu hedeflere ulaşmak amacıyla tam tahıllar (ekmek, makarna, pirinç, yulaf), patates ve kabak gibi nişastalı sebzeler, baklagiller, meyveler, düşük şekerli tahıl ürünleri ve yoğurt gibi süt türevlerinin yanı sıra, sporcu performans içecekleri, jel ve bar gibi gıdalardan da yararlanılabilmektedir [13, 23, 174].

Vücutta depolanan her bir gram glikojenin beraberinde yaklaşık 2,7 g su tuttuğu ve bu fizyolojik durumun glikojen yükleme fazında kütleli bir artışa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Söz konusu ağırlık artışının egzersiz verimliliğinde kısmi bir düşüşe yol açabilme ihtimali nedeniyle, müsabaka öncesi karbonhidrat takviyesi stratejilerinin etkinlik süresiyle doğrudan ilişkilendirilerek yapılandırılması gerekmektedir. Süresi 90 dakikanın altında olan aktivitelerde, glikojen rezervlerini bazal seviyelere ulaştırmak amacıyla yarışmadan önceki 24 saatlik dilimde vücut ağırlığı başına 6-12g karbonhidrat tüketimi standart bir uygulama olarak öngörülmektedir. Buna karşılık, 90 dakikayı aşan uzun süreli etkinliklerde, müsabakadan 36-48 saat önce başlatılan ve günlük 10-12g/kg karbonhidrat alımını hedefleyen bir glikojen yükleme protokolü tavsiye edilmektedir [175, 176].

Karbonhidrat Kaynakları

Antrenman evrelerinde ihtiyaç duyulan karbonhidrat kaynaklarının seçimi özenle gerçekleştirilmelidir. Çünkü bu besin ögesinin yalnızca tahıllardan karşılanabileceği yönündeki yaygın algı gerçeği yansıtmamaktadır. Meyve, süt ve yoğurt gibi ürünlerin yanı sıra baklagiller ile patates gibi nişastalı sebzeler de bu bağlamda nitelikli karbonhidrat depoları olarak değerlendirilmektedir. Fiziksel aktivitelerin süresi ve şiddeti, karbonhidrat kullanım modellerini ve dolayısıyla yakıt gereksinimlerini belirleyen temel unsurlardır [23, 177].

Egzersiz öncesi beslenme planlamasında sıklıkla tercih edilen patates, pirinç ve makarna gibi gıda maddelerinin, yüksek su muhteviyatı nedeniyle hacimsel bazda karbonhidrat yoğunluklarının nispeten düşük olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, haşlanmış patatesin 100 gramında yaklaşık 20g karbonhidrat bulunurken, pişmiş pirinç ve makarnanın 100 gramı, yüksek su oranları (%67-70) sebebiyle ortalama 26-28g karbonhidrat içermektedir. Bir diğer önemli kaynak olan pişmiş mercimekte ise karbonhidrat oranı yaklaşık %19,5 seviyesindedir. Yeterli performans açısından uygun seçenekler sunan bu gıdaların toplam hacimlerinin yalnızca %20-30' luk bir kısmının karbonhidratlardan oluştuğu gerçeği, sporcular tarafından beslenme stratejileri oluşturulurken mutlaka dikkate alınmalıdır [178].

Sporcularda Karbonhidrat Alımı

Egzersizden bir saat önce vücut ağırlığı başına 1g karbonhidrat sağlayacak şekilde tüketilen mercimek, patates ve glikozun sekiz bisikletçinin tükenme performansı (%)

65-70- VO₂ max) üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, patates tüketen katılımcıların plazma glikozunun tüketimden 45 dakika sonra zirve yaptığı, mercimek tüketen katılımcıların ise glikoz ve insülin yanıtlarının belirgin şekilde daha düşük seyrettiği saptanmıştır. Egzersiz periyodunda mercimek tüketiminin, glikoz ve patatese kıyasla karbonhidrat oksidasyonunu sınırladığı görülürken, tükenme süresinin diğer tüm karbonhidrat koşullarına oranla mercimek grubunda anlamlı derecede arttığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar egzersizden 1-3 saat önce tek başına veya karma bir öğün bileşeni olarak tüketilen mercimeğin zirve altı yüklenmelerde yağ oksidasyonunu artırarak, karbonhidrat oksidasyonu ve insülin yanıtını baskılayarak enerji üretim verimliliği koruyan etkili bir karbonhidrat kaynağı olabileceğine işaret etmektedir [179].

Yüksek ısı stresi altında (32 °C, %65 bağıl nem) koşucuların egzersizden 60 dakika önce tükettikleri çeşitli karbonhidrat kaynaklarının metabolik ve performans çıktıları karşılaştırıldığı bir çalışma kapsamında muz bulamacı, glikoz-fruktoz kombinasyonları, yüksek fruktozlu mısır şurubu, saf glikoz ve sakkaroz-glikoz solüsyonları analiz edilmiştir. Test edilen karbonhidrat türlerinin tamamının kan glikoz yanıtlarının ayarlanmasına yardımcı olduğu, ancak bu metabolik değişimlerin 10 km koşu performansı üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı bildirilmiştir. Ek olarak, yüksek sodyum içeriği nedeniyle glikoz ve glikoz-fruktoz solüsyonlarının diğer gruplara oranla daha yüksek sıvı tutulumuna yol açtığı gözlemlenmiştir [180].

Güneşte kurutularak elde edilen kuru üzüm, sporcular için oldukça konsantre bir karbonhidrat içeriği sunmaktadır. Bir araştırmada, egzersiz öncesi kuru üzüm tüketiminin performans üzerindeki etkileri bir karbonhidrat spor jeli ile karşılaştırılmıştır. Sekiz dayanıklılık bisikletçisinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışma protokolünde, testten 45 dakika önce vücut ağırlığı başına 1g karbonhidrat sağlayacak şekilde kuru üzüm veya spor jeli takviyesi uygulanmıştır. %70 VO₂ max şiddetinde 45 dakikalık bisiklet sürüşünü takiben gerçekleştirilen 15 dakikalık performans çıktıları her iki grubun benzer düzeyde toplam iş gerçekleştirdiğini ve egzersiz süresince eşdeğer güç çıktıları ürettiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, egzersiz öncesi aşamada doğal bir gıda olan kuru üzümün, ticari spor jelleriyle benzer bir metabolik verimlilik ve performans çıktısı sağladığını kanıtlamaktadır [180].

Muz, bal ve kuru üzüm gibi gıda bazlı besin kaynaklarının, uzun süreli dayanıklılık performansını artırma hususunda jel ve spor içeceği gibi ticari karbonhidrat

takviyeleriyle benzer bir etkinlik düzeyine sahip olduğu gör÷lmektedir. Karbonhidrat açısından zenginleştirilmiş bir diyetin kas glikojen depolarını arttırdığı gerçeğinden yola çıkararak birçok sporcunun takviyeler yerine protein ve yağların yanı sıra lif ve vitamin gibi ilave mikro besinleri de bñnyesinde barındıran bñtñncñl gıda odaklı bir yaklaşımı benimsediği gözlenmektedir. Ancak bu yaklaşım, özellikle egzersiz sırasında hedeflenen saatlik 60-90 g karbonhidrat alımına ulaşma noktasında bazı zorluklara neden olabilmektedir. Gıdalardaki yüksek fruktoz konsantrasyonu ve lif miktarının neden olabileceği gastrointestinal risk ticari takviyelerin aktif egzersiz esnasındaki fonksiyonel avantajlarını belirgin hale getirmektedir. Tñm karbonhidrat formları genel hazırlık sñreleri ve mñsabaka öncesi planlamalar için stratejik öneme sahip olsa da, antrenman sonrası glikojen resentezini hızlandırmak için yüksek glisemik indeksli gıdaların, düşük glisemik indeksli gıdalara oranla daha etkili olduğu ve yoğun rekabet dönemlerinde öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği saptanmıştır [181–183].

Sporcuların beslenme planlamasında karbonhidrat tüketimi, antrenman planlamasının her safhasında yer alması gereken temel bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda egzersizden 1 ila 4 saat önce tüketilmesi önerilen antrenman öncesi öğñnlerin, vñcut ağırlığının kilogramı başına 1-4g karbonhidrat içermesi gerektiği belirtilmektedir. Gastrointestinal sistemde oluşabilecek olası sorunları engellemek için antrenman saati yaklaştıka karbonhidrat porsiyonlarının küültñlmesi, ayrıca sindirimi güçleştirerek mide rahatsızlıklarına zemin hazırlayabilecek yağ, lif ve protein bakımından zengin gıdaların bu kritik zaman diliminde sınırlandırılması tavsiye edilmektedir [110].

Sporcuların günlük hedeflerine ulaşırken besin yoğunluğu yüksek karbonhidrat kaynaklarını tercih etmeleri teşvik edilse de, yüksek miktarlarda karbonhidrat alımının hedeflendiği durumlarda bu hacmi karşılamak zorlaşabilmektedir. Söz konusu koşullar altında enerji dengesini korumak amacıyla lif oranı düşük fakat enerji yoğunluğu yüksek karbonhidrat kaynaklarına yönelmenin fonksiyonel bir yaklaşım olarak benimsenebileceği ifade edilmektedir [121, 171].

Futbol oyuncuların ivmelenme, yavaşlama, çeviklik ve teknik becerilerin kombinasyonunu sergilemesini gerektiren, yüksek (%10) ve düşük (%90) yoğunluklu eylemlerin birlikte aralıklı bir aktivite olması şeklinde ifade edilebilir. Ma günü ihtiyaç duyulan toplam enerjinin yaklaşık olarak %60-70' ini karşılayan karbonhidratlar, mñsabaka hazırlık sñrelerinde temel makro besin bileşeni olarak tanımlanmaktadır.

Kas ve karaciğer glikojen depolarının tükenmesi performans üzerinde kısıtlayıcı bir faktör olduğundan, glikojen depolarının ideal durumda olması ve performansın en üst seviyelere çıkarılabilmesi için karbonhidrat alımı kritik bir öneme sahiptir. Sprint içeren yüksek yoğunluklu aktiviteler esnasında anaerobik enerji üretimi öncelikle kaslar arası glikojen ve fosfokreatin depolarına dayanırken, düşük yoğunluklu evrelerdeki aerobik glikojen yıkımı, yenilenme süreçleri için önemli bir görev üstlenmekte ve müsabakanın ilerleyen dönemlerinde bu mekanizmanın önemi giderek artmaktadır. Futbol maçları sonrasında gerçekleştirilen analizler, tip I kas liflerinin %80'ine ve tip II liflerinin %70'ine varan oranlarda glikojen depolarının tamamına yakınının veya tamamen boşaldığını ortaya koymaktadır. Bu bilgilerden yola çıkarak performansın sürdürülebilirliği ve doku hasarlarının en aza indirilebilmesi için tüketilen karbonhidratların miktarının yanı sıra, glisemik indeks (GI) ve besin kalitesi gibi niteliksel parametrelerin de titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir [184–187].

Maraton veya bisiklet gibi dayanıklılık sporları uzun süreli ve kesintisiz enerji üretimini gerektiren egzersizler içermektedir. Bu doğrultuda, performansın sürdürülebilirliği açısından yüksek glikojen seviyelerinin korunması gerekli görüldüğünden, karbonhidratlar temel makro besin odağını teşkil etmektedir.

Dayanıklılık sporcularında glikojen depolarını muhafaza etmek ve bitkinlik gelişimini engellemek için vücut ağırlığının kilogramı başına günlük 6-10g karbonhidrat alımı genel bir standart olarak önerilmektedir [120, 188].

Dayanıklılık gerektiren fiziksel yüklenmeler esnasında aerobik ATP (Adenozin trifosfat) sentezi için temel metabolik yakıt işlevi gören karbonhidratlar, ağırlıklı olarak iskelet kaslarında (300-400g) ve karaciğerde (80-100g) glikojen formunda depolanmakta, sistemik dolaşımda ise yaklaşık olarak 5g düzeyinde serbest glikoz olarak bulunmaktadır.

Vücudun toplam enerji rezervlerinin yalnızca %4' ünü oluşturan kas ve karaciğer glikojen depolarının tükenmesi, dayanıklılık performansını kısıtlayan en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, Tip I kas liflerindeki glikojen yoğunluğu ile dayanıklılık performansı arasında pozitif bir ilişki bulunduğu saptanmıştır [189, 190].

Glikojen yükleme protokollerinin egzersiz kapasitesini geliştirmedeki temel işlevi, kas glikojen depolarının korunmasına dayanmaktadır. Çünkü tip I kas liflerindeki glikojen

depo miktarı uzun süreli dayanıklılık performansının en güçlü göstergesi olarak kabul edilir. Tip II liflerdeki glikojen depoları yüksek yoğunluklu sprint egzersizleri esnasında gerçekleşen hızlı yıkım süreci nedeniyle kritik bir önem taşımaktadır [189, 191]. Elit dayanıklılık sporcuları, müsabakadan yaklaşık on gün önce başlayan kademeli bir beslenme planlaması yürütmektedir. Bu sürecin ilk evresinde (7–10 gün önce) ek takviyelerden kaçınılarak doğal karbonhidrat kaynaklarına odaklanılmakta, son haftada ise alım miktarı kademeli şekilde artırılarak jeller ve karbonhidratlı içecekler antrenman düzenine entegre edilmektedir. Müsabaka öncesindeki son öğünün başlangıçtan en az iki saat önce tamamlanması ve kan glukozunda oluşabilecek aşırı dalgalanmalar ile erken glikojen kullanımını engellemek amacıyla 75 gramlık karbonhidrat sınırını geçmemesi önemlidir. Yarışın başlangıç anına kadar geçen sürede glisemik dengeyi ve ideal hidrasyon durumunu sürdürmek için küçük dozlarda solüsyonlar tercih edilebilir. Yarışmanın başlangıcına 30–60 dakika kala yüksek dozlu alımlardan sakınılması ve ihtiyaç halinde karbonhidratlı ağız çalkalama protokollerinin uygulanması, sporcuların normal kan şekeri aralığında müsabakaya girmelerini sağlamak açısından önerilen bir stratejidir [176, 192].

Doksan dakikadan uzun süren dayanıklılık yüklenmelerinden önce kas glikojen depolarını en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan karbonhidrat yükleme protokolleri, yorgunluğun geciktirilmesine yaklaşık %20'lik bir avantaj sağlarken performansı yaklaşık %2–3 oranında geliştirmektedir. Ancak glikojenin depolanma süreçleri ve kan glukozunun düzenlenmesinin müsabaka başarısı ile olan etkileşimi birçok değişkene bağlıdır. Standart karbonhidrat takviye yöntemleri uygulansa bile, sporcuların bireysel özellikleri, mekansal koşullar, sıcaklık ve nem gibi dışsal faktörler ile rakiplerin uyguladığı taktiksel tempo değişimleri performansta değişikliklere yol açmaktadır. Bu karmaşık yapı nedeniyle sporcuların yarış sırasında sergilediği farklı kan şekeri dalgalanmaları ve tempoları besinsel müdahalelerin etki düzeyini göreceli hale getirmektedir [168].

Karbonhidrat gereksinimleri egzersizin şiddeti, süresi, toplam enerji harcaması ve sporcunun cinsiyeti gibi parametrelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Güncel literatürde takım sporları ve dayanıklılık sporları için vücut ağırlığı başına günlük 5–12 g alım önerilmektedir [131, 193, 194]. Organizmadaki glikojen depoları orta şiddetli sürekli aktivitelerde yaklaşık 90–120 dakika boyunca enerji teminini sürdürebilmektedir. Sprint veya ağırlık antrenmanları gibi yüksek yoğunluklu kısa

sürekli yüklenmeler bu depoları 45 dakikadan daha kısa sürede tüketebilmektedir [194]. Bu dinamik yapı nedeniyle, 30–75 dakika arasındaki yoğun antrenmanlarda kısıtlı miktarda karbonhidrat tüketimi performansı desteklerken, süresi bir saati aşan dayanıklılık antrenmanlarında meyve, jel veya spor içecekleri gibi sindirimi kolay olan kaynakların kullanımı stratejik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir [110]. Özellikle antrenman seansları arasındaki sürenin 8 saatten az olduğu durumlarda, glikojen depolarını tamamen doldurmak amacıyla egzersizi müteakip en kısa sürede beslenmeye başlanmalı ve ilk 4 saat boyunca saatlik bazda kilogram başına 1–1,2 g karbonhidrat tüketilmelidir [110]. Böylece glikojen seviyelerinin %40'ı toparlanmanın ilk saatinde geri kazanılmakta, 4–5 saat içerisinde ise bu oran yaklaşık olarak %75'e ulaşarak depoların tamamen doldurulması yaklaşık olarak 24 saatte tamamlanmaktadır [195]. Ancak ihtiyaç fazlası karbonhidrat ve proteinin adipoz dokuya dönüştüğü gerçeği göz önünde bulundurularak, beslenme planlamasında temel hedef, doku gereksinimlerini en uygun miktar ve dağılımla, yetersizlik veya aşırıya kaçmadan karşılamak olmalıdır [102].

Tablo 3: Egzersiz türlerine ve egzersiz sürelerine göre günlük önerilen karbonhidrat alım miktarları

Egzersiz Süresi	Karbonhidrat Önerileri
Günlük 1 saat egzersiz	Vücut ağırlığının kilogramı başına 5 ila 7 gram karbonhidrat
Dayanıklılık: Günlük 1 ila 3 saat egzersiz	Vücut ağırlığının kilogramı başına 7 ila 10 gram karbonhidrat
Ultra Dayanıklılık: Günlük 3 ila 5 saat egzersiz	Vücut ağırlığının kilogramı başına 10 ila 12 gram karbonhidrat

Tablo 1'de egzersiz türlerine ve egzersiz sürelerine göre günlük önerilen karbonhidrat alım miktarları verilmiştir [194].

Karbonhidrat Alım Zamanlaması

Performans artışını hedefleyen beslenme stratejilerinin temel taşlarından biri olan karbonhidrat alım zamanlaması, egzersiz öncesi evrede kas glikojeninin kullanılabilirliğini artırarak fiziksel çıktıyı geliştirmektedir. Süresi bir saati aşan yüklenmeler esnasında, saatlik 30-60 gram düzeyinde ve tercihen glikoz-fruktoz kombinasyonları gibi süratle yakılabilen kaynakların tüketimi, dayanıklılık kapasitesini anlamlı ölçüde arttırmaktadır. Bu süreçte yaklaşık %6 oranında karbonhidrat içeren spor içecekleri, enerji desteği sağlamanın yanı sıra sıvı dengesinin korunmasında da işlevsel bir rol oynamaktadır. Toparlanma periyodunda ise glikojen sentezini arttırmak amacıyla, egzersiz sonrası ilk iki saat içerisinde yüksek glisemik indeksli karbonhidratların alımı tavsiye edilmektedir. Karaciğer ve iskelet kaslarındaki glikojen depolarının en uygun şekilde yenilenmesi, müsabaka veya antrenman sonrasında vücut ağırlığı başına 1,0–1,2 g karbonhidrat tüketilmesi ve bu uygulamanın takip eden 4–6 saat boyunca ikiye saatlik aralıklarla sürdürülmesiyle mümkün olmaktadır [13, 196, 197].

Yarışma Öncesi Karbonhidrat Alımı

Tüketilen karbonhidratların sindirilerek kas ve karaciğer dokusunda glikojen formunda depo edilebilmesi asgari dört saatlik bir süreci gerektirmektedir. Bu fizyolojik kısıt göz önünde bulundurulduğunda, müsabaka öncesinde karbonhidrat alım stratejisi glikojen rezervlerini en üst seviyeye çıkartmaya yönelik olmalıdır [198, 199]. Özellikle günün ilerleyen saatlerinde müsabakaya çıkacak sporcular için kahvaltının karbonhidrat içeriği çok yüksek düzeyde bir öneme sahiptir. Çünkü öğle yemeğinde yeterli karbonhidrat tüketilse bile karbonhidrat içeriği düşük bir kahvaltının karaciğer glikojen depolarını azaltarak dayanıklılık performansını olumsuz etkileyeceği saptanmıştır [200]. Egzersiz öncesi mevcut olan karbonhidrat depolarının performans kapasitesi üzerindeki belirleyici etkisi uzun zamandır bilinmekle birlikte, bireyin antrenman düzeyi geliştikçe kas dokusundaki glikojen depolama kabiliyetinin de artış sergilediği vurgulanmaktadır [201].

Yarışma Sırası Karbonhidrat Alımı

Egzersiz esnasında karbonhidrat alımının performans ve kapasite üzerindeki olumlu etkileri literatürde kapsamlı bir biçimde ele alınmıştır. Karbonhidratların ergojenik

potansiyeli iki temel fizyolojik mekanizma üzerinden açıklanmaktadır. Bunlardan ilki, ağız boşluğundaki reseptörlerin karbonhidrat moleküllerini algılaması neticesinde merkezi sinir sisteminin aktif hale getirilmesidir. Bu durum, karbonhidratlı ağız çalkalama protokollerinin performans çıktılarını iyileştirmesiyle desteklenmektedir.

İkinci mekanizma ise eksojen karbonhidratların ATP sentezi için ilave bir yakıt kaynağı teşkil etmesidir. Eksojen alım, kas glikojen depolarının azaldığı durumlarda dahi karbonhidrat oksidasyon oranlarını koruyarak endojen rezervlerin devamını sağlamakta, kan glikoz seviyelerini stabilize etmekte ve karaciğer glikojen yıkımını belirgin şekilde baskılayabilmektedir. Bu metabolik etkiler yorgunluğun oluşmasını geciktirerek şiddetini azaltmakta, hatta glikojenin tükendiği durumlarda dahi dayanıklılık performansının sürmesine olanak sağlamaktadır.

Karbonhidrat takviye protokolleri aktivite süresine bağlı olarak şekillendirilmektedir. 60 dakikadan kısa süren yüklenmelerde genellikle karbonhidratlı solüsyonlarla gargara yapılması önerilir. 60 ila 150 dakika arasındaki etkinliklerde ağız çalkalama veya saatlik 30-60g alım, 150 dakikayı aşan dayanıklılık performanslarında ise saatlik 60-90g karbonhidrat tüketimi tavsiye edilmektedir. Söz konusu stratejilerin toplam miktarı ve sıklığı egzersiz şiddeti, çevresel koşullar, endojen glikoz üretimi ve eksojen oksidasyon kapasitesi gibi birçok değişken dikkate alınarak planlanmalıdır [202, 203].

Yarışma Sonrası Karbonhidrat Alımı

Egzersiz sonrasında karbonhidrat takviyesi ile dayanıklılık performansındaki depolama düzeyi arasında alıma bağlı bir ilişkinin mevcudiyeti saptanmıştır. İskelet kaslarındaki glikojenin toparlanması sonraki dayanıklılık çalışmalarının verilerinin temel belirleyicisi olarak tanımlanır. Bu bilgiler doğrultusunda glikojen depolarının hızlı bir şekilde yenilenmesi, özellikle gün içinde birden fazla antrenman yapan veya ardışık müsabaka takvimlerine maruz kalan sporcular için stratejik bir önem teşkil etmektedir [204].

Yarışma sonrası evrede karbonhidrat beslenmesinin temel fonksiyonu, tüketilen karaciğer ve iskelet kası glikojen depolarının tekrar yerine konmasıdır. Bununla birlikte, glikojen depolarının her durumda yüksek hızda yenilenmesi zorunlu bir gereklilik arz etmemektedir. Glikojen depolarına ihtiyaç, bir sonraki seansın (örneğin düşük şiddetli bir antrenman) fizyolojik taleplerine ve glikojen gereksinimine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Bu bağlamda, karbonhidrat alım stratejilerinin standart bir hızda uygulanması yerine, sonraki antrenman veya müsabaka takviminin hedefleriyle uyumlu olacak şekilde bireyselleştirilerek planlanması önerilmektedir [160].

Egzersiz sonrasında tüketilen glikojen depolarının yenilenmesi karaciğer için en az 11 saatlik bir süreci gerektirir. İskelet kaslarında bu süre en az 24 saate karşılık gelmektedir. Glikojen depolarının yenilenmesini en üst düzeye getirmek için "metabolik pencere" olarak nitelendirilen egzersiz sonrası ilk dört saatlik zaman diliminde, saatlik bazda vücut ağırlığı başına 1,0 g/kg ila 1,2 g/kg karbonhidrat takviyesi yapılması en etkili yöntem olarak kabul edilmektedir.

Toplamda 24 saatlik bir periyotta kilogram başına 8-10 g karbonhidrat alımı depoların tekrar doldurulması için yeterli görülmektedir. 36-48 saat boyunca sürdürülen yüksek karbonhidratlı beslenme düzeninin (günlük 8g/kg), kas glikojen düzeylerini yaklaşık iki katına çıkaran bir "süperkompansasyon" etkisi oluşturduğu saptanmıştır. Ayrıca sporcuların iskelet kası kütlesi ile glikojen depolama kapasitesi arasında saptanan pozitif ilişki, yüksek kas kütlelerine sahip bireylerin yeterli toparlanmayı sağlamak için daha yüksek miktarlarda karbonhidrat tüketmesi gerektiği gerçeğini desteklemektedir [177, 205, 206].

Yağlar

Düşük yoğunluklu ve uzun süreli fiziksel aktivitelerde temel yakıt kaynağı olarak işlev gören lipitler, enerji metabolizmasının yanı sıra hücre zarı bütünlüğü, hormon sentezi ve yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) emilimi gibi kritik fizyolojik süreçlerin devam ettirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır [207–209]. Egzersizin başlamasıyla birlikte mobilizasyonu artan serbest yağ asitleri, yaklaşık 20-30 dakikalık bir sürenin ardından sürekli bir enerji desteği sunmaya başlamakta, ancak ek yağ takviyelerinin performansı geliştirdiğine dair kesin kanıt bulunmadığından vücudun endojen depolarının genellikle yeterli olduğu kabul edilmektedir [22, 23]. Uluslararası yönergeler doğrultusunda, günlük toplam enerji alımının %20 ile %35' inin yağlardan karşılanması önerilirken, doymuş yağ tüketiminin %10'un altında tutulması ve LDL kolesterolünü artırıp HDL kolesterolünü düşüren trans yağlardan kesinlikle kaçınılması gerektiği vurgulanmaktadır [4, 207]. Vücut tarafından sentezlenemeyen ve diyetle alınması zorunlu olan esansiyel yağ asitleri, özellikle kardiyovasküler sağlığın desteklenmesi ve antrenman sonrası inflamasyonun baskılanarak toparlanma

süreçlerinin hızlandırılmasında stratejik bir öneme sahiptir [210–212]. Bu doğrultuda, yağ alımının kısıtlanmasının diyet kalitesini düşürebileceği ve temel yağ asitlerine erişimi sınırlandırabileceği göz önünde bulundurularak, kuruyemiş, avokado ve yağlı balıklar gibi sağlıklı kaynaklardan elde edilen dengeli bir lipit alımının sporcu beslenmesine uygulanması, hem genel sağlığın korunması hem de uzun vadeli performans hedeflerine ulaşılması açısından çok önemlidir [213–216].

Yağlar Önem

Diyetle sağlanan lipitlerin yeterli miktarda alımı, büyüme ve olgunlaşma süreçlerinin desteklenmesi, yüksek yoğunluklu enerji ihtiyacının karşılanması ve esansiyel yağ asitleri ile yağda eriyen vitamin gereksinimlerinin giderilmesi açısından temel bir gerekliliktir [173]. Özellikle kas fonksiyonu ve kemik sağlığının sürdürülmesinde kritik bir rol üstlenen D vitamini gibi besin maddelerinin biyoyararlanımı, sağlıklı yağ kaynaklarıyla eş zamanlı tüketilmesine bağlıdır. Balık yağı, avokado ve kuruyemiş gibi lipit kaynakları bu vitaminlerin yeterli seviyede emilimini sağlamaktadır [217, 218].

Dayanıklılık sporcularında antrenman hacmi ve yoğunluğundaki artışın eritrosit zarlarındaki çoklu PUFA konsantrasyonlarını düşürerek lipit yoğunluğunu değiştirdiği saptanmıştır. Omega-3 seviyelerindeki bu azalma, inflamasyonun çözülme sürecini ve uzun vadeli sağlık parametrelerini olumsuz etkileyebilmektedir. Antrenman dönemlerinde PUFA alımına veya spesifik takviye stratejilerine odaklanılması önerilmektedir [215]. Sonuç olarak yağlar oksidatif yolla metabolize edilebilen en yoğun enerji deposu olma özelliği göstermektedir. Yağlar anti-inflamatuar etkileri ve esansiyel bileşen sağlamadaki görevleriyle, performansın ve genel sağlığın korunması noktasında vazgeçilmez bir besin ögesi olarak tanımlanmaktadır [219].

Yağlar Gereklilik

Beslenme düzeninde doymuş yağ asitleri yerine çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) yönelimin koroner kalp rahatsızlığı riskini azalttığı bilinmekle birlikte, hayvansal gıdaların kısıtlandığı vejetaryen ve vegan diyetlerinde EPA, DPA ve DHA alımının yetersiz kalabildiği bildirilmektedir [212, 220, 221]. Fiziksel efor esnasında ortaya çıkan reaktif oksijen türleri (ROS) ve serbest radikaller hücrel onarım ihtiyacını doğururken, bünyesinde yoğun miktarda PUFA barındıran eritrosit zarlarının, ortamdaki yüksek oksijen ve demir mevcudiyetiyle birlikte lipit peroksidasyonuna ve

muhtemel kas hasarlarına karşı daha savunmasız hale geldiği saptanmıştır [213, 215]. Dayanıklılık sporlarında lipit alımı stratejik bir öneme sahiptir. Lipitler glikojen depolarının tükenme eğilimi gösterdiği uzun süreli ve orta şiddetli egzersizler sırasında ikincil bir enerji kaynağı sağlayarak metabolik devamlılığa katkıda bulunmaktadır [120].

İnsan organizması n-3 çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) içsel olarak sentezleyemediği için, bu bileşenlerin diyet veya takviye yoluyla dışarıdan temin edilmesi gerekmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinde olan alfa-linolenik asit (ALA, 18:3 n-3) keten tohumu, chia ve ceviz gibi bitkisel kaynaklarda yoğunlaşırken, eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5 n-3) ile dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6 n-3) ağırlıklı olarak somon, ton balığı ve uskumru gibi yağlı deniz ürünlerinde bulunmaktadır [222]. ALA, vücut tarafından üretilmemesi nedeniyle tek temel omega-3 yağ asidi statüsünde kabul edilse de, bu öncül maddenin EPA ve DHA'ya biyokimyasal dönüşüm sürecinin insan metabolizmasında oldukça kısıtlı ve ideal seviyenin biraz daha gerisinde seyrettiği saptanmıştır [223]. Söz konusu verimsiz dönüşüm mekanizması, özellikle belirli sağlık koşullarına veya diyet kısıtlamalarına sahip bireylerde fizyolojik ihtiyaçların tam olarak karşılanabilmesi için EPA ve DHA'nın doğrudan gıdalar veya takviyeler aracılığıyla alınmasını zorunlu hale getirmektedir [224]. Günümüzde uzun zincirli n-3 PUFA'lar için evrensel olarak belirlenmiş resmi bir günlük alım miktarı bulunmamasına rağmen, Beslenme ve Diyetetik Akademisi gibi otoriteler sağlıklı bir fonksiyonellik için günlük 500 mg kombine EPA ve DHA tüketimini tavsiye etmektedir [225, 226].

Özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) formundaki omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri, beyin ve kas dokusundaki hücre zarlarının temel yapısal bileşenleri olarak görev yapmakta, bu yolla hücre zarı fonksiyonlarını optimize ederek nörolojik sağlığı ve kas performansını geliştirmektedir [227]. Ergen sporcular özelinde DHA, nöral hücre zarı bütünlüğünün sağlanması, nöroenez, sinaptik iletim ve bellek ile öğrenme gibi bilişsel süreçlerdeki kritik rolü nedeniyle öne çıkmakta, ayrıca uyku kalitesi ve beyin sağlığı üzerindeki potansiyel faydalarıyla ilişkilendirilmektedir [228]. Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD) neticesinde gelişen inflamatuvar yanıtı baskılayarak toparlanma süreçlerini hızlandıran bu yağ asitlerinin, fiziksel performansın çeşitli boyutları üzerinde destekleyici etkileri olduğu saptanmıştır [229]. Kas-iskelet sistemi üzerindeki bu kazanımların altında yatan

mekanizmalar, pro-enflamatuar sitokin düzeylerindeki düşüş, sinirsel aktivasyonun güçlendirilmesi, protein katabolizmasına katılan yolların inhibisyonu, insülin duyarlılığındaki iyileşme ve mitokondriyal kaynaklı reaktif oksijen türlerinin (ROS) salınımındaki azalma ile açıklanmaktadır [230–232].

Yağlar Ketojenik Diyet

Ketozis mekanizmasını tetikleyen yüksek yağ ve minimal karbonhidrat içeriğiyle karakterize edilen ketojenik diyet, 1930'lu yıllarda epilepsi tedavisindeki tıbbi kökenlerinden günümüze, özellikle dayanıklılık sporlarında performans geliştirici bir yöntem olarak dikkate değer bir popülerite kazanmıştır. Dayanıklılık performansında vücudun lipit depolarına bağımlılığını artırarak karbonhidrat tükenmesine bağlı yorgunluğu öteleyebileceği ve egzersiz süresini uzatabileceği düşünülse de, karbonhidrat eksikliğinin antrenman yoğunluğunu baskılayabileceğine dair önemli veriler bulunmaktadır. Bu durum özellikle halter veya basketbol gibi patlayıcı kuvvet gerektiren branşlar için geçerlidir. Elit yürüyüşçüler üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar, ketojenik diyetin egzersiz ekonomisinde yarattığı bozulma nedeniyle performansı kronik veya periyodik karbonhidrat mevcudiyetine sahip diyetlere kıyasla negatif etkilediğini ortaya koymuştur [110]. Ayrıca, enerji kısıtlaması olmasa dahi bu beslenme modelinin hem günlük rutinlerde hem de fiziksel aktiviteler esnasında kas yorgunluğunu artırıcı bir rol oynadığı saptanmıştır. Son derece kısıtlayıcı yapısı sebebiyle uzun vadeli sürdürülebilirliği düşük olan bu yaklaşım, sporcularda enerji ve besin ögesi yetersizliği riskini beraberinde getirmektedir [110].

Faydalar ve Sonuçlar

Yoğun antrenman temposunun tetiklediği fizyolojik stres neticesinde bağışıklık sisteminde gözlenen zayıflama ve buna bağlı olarak gelişen akut solunum yolu enfeksiyonu riskine karşı, n-3 PUFA takviyesinin koruyucu ve düzenleyici bir mekanizma sunduğu saptanmıştır [233]. Sporcu popülasyonlarında n-3 PUFA yetersizliği riskinin yüksek olması, bu bileşenlerden zengin diyetlerin veya takviye stratejilerinin önemini artırmakta, özellikle EPA ve DHA kullanımı, inflamatuvar sitokinlerin üretimi ve eikosanoid sentezini düzenleyerek çeşitli immünolojik yanıtları olumlu yönde etkilemektedir. Bu bağlamda, n-3 PUFA tüketiminin aerobik dayanıklılığı, kardiyovasküler fonksiyonu ve sinir iletim hızını iyileştirdiği, hücre zarı akışkanlığı ile asetilkoline karşı hassasiyeti artırarak antrenman adaptasyonlarını

güçlendirdiği bildirilmektedir [224, 234]. Söz konusu takviyenin tekrarlayan kafa darbelerine maruz kalan sporcularda koruyucu faydalar sağladığı, uyku kalitesini artırdığı ve yoğun egzersiz sonrası kas ağrılarını hafiflettiği literatürde belirtilmiştir. Sinir-kas koordinasyonu üzerindeki etkileri sayesinde kas aktivasyonunu iyileştirdiği ve quadriseps zirve gücü gibi motor performans parametrelerinde artış sağladığı gözlemlenmiştir [233, 235, 236]. Kas sağlığı ve anabolik süreçler açısından n-3 PUFA' lar, iskelet kasını protein alımı veya direnç egzersizi gibi uyaranlara karşı daha duyarlı hale getirerek kas protein sentezini teşvik etmektedir. Genç yetişkinlerde hipertrofi üzerindeki etkileri tartışmalı olsa da, günlük 2 g düzeyindeki takviyelerin yağsız vücut kütlesi ve iskelet kası kütlesinde anlamlı artışlar sağlayabildiği, dolayısıyla kas sağlığının korunması ve geliştirilmesine katkıda bulunduğu belirtilmektedir [237–239]). Ayrıca prebiyotik potansiyelleri ve yorgunluğu azaltıcı etkileriyle sporcu sağlığı ve performansı için bütüncül bir fayda sunduğu düşünülmektedir [224, 233, 240, 241]. Sporcu beslenmesinde lipidler, yalnızca temel bir enerji bileşeni değil, aynı zamanda yağda çözünen vitaminlerin ve esansiyel yağ asitlerinin ana kaynağı olarak kritik bir işlev görmektedir. Bu nedenle mikro besin yetersizliklerini önlemek amacıyla yağ alımının toplam enerji tüketiminin %20'sinin altına düşürülmemesi ve bireysel hedeflere göre planlanması gerektiği vurgulanmaktadır [145]. Özellikle n-3 PUFA' nın lipid çift katmanındaki yapısal varlıkları sayesinde hücre zarı akışkanlığını artırarak dokulara yönelik oksijen difüzyonunu güçlendirdiği bildirilmektedir [215, 242].

Başta EPA ve DHA olmak üzere bu asitlerin, kardiyovasküler sağlığı destekleme ve inflamasyonu baskılama fonksiyonlarıyla insan fizyolojisinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Kas adaptasyonu ile iyileşme mekanizmalarını optimize ederek yaralanma ve hastalık riskini minimize ettiği saptanmıştır [224, 243]. Dayanıklılık performansında n-3 PUFA takviyesinin, oksijen kullanımını ve kalp atım hızını düşürerek [244] algılanan efor düzeyini hafiflettiği ve genel enerji metabolizmasını iyileştirdiği bilimsel verilerle ortaya konmuştur [245].

Mikro besinler

Yaşamın sürdürülebilirliği, büyüme ve üreme süreçleri için vazgeçilmez olan mikro besinler, vücut tarafından sentezlenemeyen organik bileşikler olan vitaminler ile fizyolojik işleyişi destekleyen inorganik maddelerden oluşan mineralleri kapsamaktadır. Vitaminler, çözünebilirlik özelliklerine göre yağda (A, D, E, K) ve suda (B, C) çözünenler olarak ayrılırken, mineraller günlük ihtiyaç miktarlarına göre makro

mineraller (sodyum, potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum) ve eser elementler (demir, çinko, bakır, krom, selenyum) şeklinde sınıflandırılmaktadır [246].

Makro besinlere oranla daha düşük miktarlarda gereksinim duyulsa da bu bileşenler, enerji metabolizması, immün sistem fonksiyonları, iskelet bütünlüğü ve kas dokusunun iyileştirilmesi gibi çok sayıda fizyolojik süreçte kritik roller üstlenmektedir [247]. Egzersiz pratiği, mikro besinlerin dahil olduğu metabolik yolları yoğun bir baskı altına alarak kalsiyum, D vitamini, demir ve çeşitli antioksidanlara yönelik ihtiyacı artıran biyokimyasal adaptasyonlara sebebiyet vermektedir [4].

Özellikle kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller kas fonksiyonları ve elektrolit dengesinin korunmasında vazgeçilmez bir yere sahipken, demir, enerji metabolizması ve eritrosit üretimi yoluyla yorgunluğun minimize edilmesine ve toparlanma sürecinin etkinliğine katkı sağlamaktadır [248]. Sporcuların artan fiziksel aktivite ve enerji harcamasıyla birlikte mikro besin gereksinimleri de yükselme eğilimi gösterse de bu ihtiyacın her zaman doğrusal bir artış sergilemediği ve yüksek enerji alımını dengeli bir diyetle karşılayan bireylerde standart referans değerlerinin yeterli olabileceği belirtilmektedir [71, 249].

Mikro besin bileşenlerinin, kalori kısıtlamasından bağımsız olarak sportif sağlık ve performans kapasitesi üzerinde doğrudan ve belirleyici etkileri bulunmaktadır. İdeal alm miktarlarına dair bilimsel kanıtlar henüz sınırlı olsa da bu maddelerin eksikliği durumunda sportif verimliliğin ciddi oranda sekteye uğrama ihtimali yüksektir. Hücrel enerji üretimi ve metabolik süreçlerde hayati roller üstlenen tiamin, riboflavin, niasin ve piridoksin gibi vitaminlerin eksikliği, sporcuların artan metabolik ihtiyaçları doğrultusunda belirgin performans düşüşlerine neden olabilmektedir. Hemoglobinin formasyonunu destekleyen B12 ve folik asit ile oksidatif hasarı sınırlayan A, C ve E vitaminlerinin mevcudiyeti, özellikle dayanıklılık odaklı performansların sürdürülebilirliği açısından kritiktir [124, 250–252].

Bununla birlikte, optimal demir statüsünün kondisyonla olan pozitif korelasyonu performans üzerinde bütüncül bir iyileşme sağlamaktadır. Demir eksikliğinin sporcularda görülme sıklığı, kadınlarda %20-50, erkeklerde ise %4-50 düzeylerinde seyrederek klinik bir öncelik teşkil etmektedir. D vitamini eksikliği, özellikle kapalı alan sporlarında ve güneş ışığına maruz kalmanın sınırlı olduğu kış aylarında, öğrenci sporcularda yaygındır. Takviyenin sporcular için hastalık önlemede rol oynayabileceğini bulmuşlardır. Daha fazla araştırma ile, beslenmenin bilişsel işlev ve

yaralanma önlemedeki rolünü inceleyen çalışmalar yapılması gerekmektedir [124, 250].

Vitaminler

Metabolik ve sinirsel süreçlerin düzenlenmesinde, enerji üretiminde ve hücrel hasarın engellenmesinde kritik rol oynayan vitaminler biyolojik ve kimyasal aktivitelerine göre yağda ve suda çözünenler olmak üzere iki ana kategoriye ayrılan 13 farklı organik bileşikten oluşmaktadır. Yaşamın sürdürülebilirliği için gerekli olan bu mikro besinler, enerji metabolizması, oksijen taşınımı, eritrosit üretimi, bağışıklık sistemi fonksiyonu ile doku onarımı ve kemik sağlığı gibi harekete duyarlı süreçlerin merkezinde yer almaktadır. Organizmanın bu bileşenleri endojen olarak sentezleme kapasitesinin kısıtlı olması nedeniyle dış kaynaklara bağımlılık söz konusudur, ancak dengeli ve çeşitli bir diyetin, çoğu sporcunun artan vitamin talebini karşılamada yeterli olduğu kabul edilmektedir. Bu noktada, mikro besinlerin izole takviyelerden ziyade bütün gıdalardan temin edilmesini savunan "önce besin" yaklaşımının benimsenmesi önerilmektedir [22, 102, 253, 254].

Vitaminlerin Önemi

Hayati fonksiyonların sürdürülebilmesi için elzem olan çok sayıda kimyasal reaksiyonun regülasyonunda vitaminler temel bir rol oynamaktadır. Fiziksel egzersiz yüküyle birlikte, özellikle enerji ve protein metabolizmasında aktif görev alan tiamin (B1 vitamini), riboflavin (B2 vitamini) ve niasin gibi mikro besin ögelerine duyulan gereksinim ivme kazanmaktadır. Öte yandan, fiziksel aktivitenin çeşitli mekanizmalar üzerinden reaktif oksijen ve azot türleri olarak tanımlanan serbest radikallerin üretimini artırdığı bilinmektedir. Bu doğrultuda, egzersiz kaynaklı oksidatif stresin dengelenmesi amacıyla sporcuların C ve E vitaminleri ile beta-karoten gibi antioksidan özellikli bileşenleri bireysel ihtiyaçlar çerçevesinde diyetlerine dahil etmeleri kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir [255–257].

Vitamin Eksikliği

Sporcuların yüksek enerji gereksinimleri doğrultusunda gerçekleştirdikleri yoğun gıda tüketimi, genellikle mikro besin ögesi yetersizliği riskini minimize eden bir faktör olarak değerlendirilse de özellikle vücut ağırlığını kontrol etme veya zayıflama hedefleri doğrultusunda enerji kısıtlamasına gidilmesi, gıda alımının yetersizleşmesine

ve dolayısıyla mikro besin düzeylerinin kritik eşiklerin altına inmesine sebebiyet verebilmektedir. Söz konusu yetersizliklerin özellikle genç sporcu popülasyonlarında daha belirgin bir prevalans gösterdiği saptanmış, nitekim Alman genç kadın futbolcular üzerinde yürütülen bir çalışma, sporcuların %59'unun kalsiyum, %69'unun ise demir referans değerlerini karşılayamadığını ortaya koymuştur. Bir veya birden fazla vitaminin eksikliği durumunda, organizmada geri dönüşü olmayan ciddi patolojik tabloların tetiklenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Vejetaryen veya vegan beslenen bireylerde B12 ve D vitamini gibi spesifik bileşenlerin yetersiz alım riskine karşı dikkatli olunması gerekirken, mevsimsel faktörlere bağlı olarak kış aylarında güneş ışığının azalmasıyla birlikte uygulanan stratejik D vitamini takviyesinin kas performansını iyileştirdiği ve sakatlık oranlarını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Buna karşın, terleme yoluyla gerçekleşen vitamin kayıplarının beslenme statüsünü etkilemeyecek düzeyde düşük olması nedeniyle spor kaynaklı ek bir ihtiyaç öngörülmemektedir. Net bir biyolojik gereklilik olmaksızın bilinçsizce başvuru olan takviye stratejilerinin ise mevcut sorunları derinleştirebileceği ve sporcuda besin ihtiyaçlarının karşılandığına dair yanıltıcı bir güven duygusu oluşturabileceği vurgulanmaktadır [258–261].

Yağda Çözülen Vitaminler

Lipofilik karakterdeki A, D, E ve K vitaminlerinin intestinal emilim süreçleri, diyetel yağların mevcudiyetine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu vitamin grubu, doku düzeyindeki depolanma kapasitesi sınırlı olan ve bu nedenle düzenli eksojen alımı zorunlu kılan K vitamini dışındaki bileşenler özelinde, temel olarak karaciğer ve adipoz dokuda birikme eğilimi gösterirler. İnsan organizması tarafından endojen olarak sentezlenebilen D vitamini istisna tutulduğunda, yağda çözünen bu mikro besinlerin büyük oranda meyve ve sebze kaynaklı olduğu bildirilmektedir [256].

A Vitamini

Yağda çözünen retinoidler grubunda sınıflandırılan A vitamini, görme keskinliğinin artırılması, epitel dokuların muhafazası, kemik büyümesi ve dermis sağlığının korunması gibi geniş bir fizyolojik spektrumda temel görevler icra etmektedir. Bağışıklık sistemi üzerindeki güçlendirici ve antioksidan etkileriyle organizmanın savunma mekanizmalarına katkıda bulunan bu mikro besinin eksikliği, enfeksiyonlara karşı artan bir hassasiyetle doğrudan ilişkilendirilmektedir. Ayrıca literatürde A

vitamini takviyesinin, özellikle bazı viral hastalıkların klinik yönetiminde ve patojenlere karşı direncin artırılmasında destekleyici bir strateji olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır [262, 263].

D Vitamini

Sporcuların performans kapasitelerinin maksimize edilmesi ve fizyolojik homeostazın muhafaza edilmesi süreçlerinde, rasyonel bir beslenme yaklaşımı merkezi bir öneme sahiptir. Besinsel gereksinimlerin eksiksiz giderilmesi amacıyla çeşitli gıda kaynaklarının yanı sıra takviye edici stratejilere başvurulması bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda sağlanan yeterli beslenme desteği, organizma için elzem olan enerjiyi temin etmekte, vücut yapısını desteklemekte ve metabolik süreçlerin regülasyonunda kritik görevler üstlenen temel vitamin ve mineral ihtiyacını karşılamaktadır [121, 264].

Kalsiyum ve fosfor homeostazı ile kemik mineralizasyonunun sürdürülmesinde merkezi bir rol üstlenen D vitamini, iskelet kası dokusunda bulunan D vitamini reseptörleri aracılığıyla kas fonksiyonları üzerinde de doğrudan belirleyici bir etkiye sahiptir [265]. Hücre büyümesi, bağışıklık sistemi regülasyonu ve protein sentezi süreçlerinden sorumlu bir gen modülatörü olarak işlev gören bu vitamin, kalsiyum emilimini optimize ederek sinir iletimi ve kas kasılması gibi performansın temel bileşenlerini desteklemektedir [266]. Bununla birlikte D vitamini takviyesinin kas kuvvetini artırabildiğini ve sakatlık insidansını düşürebildiğini öne sürerken, genel popülasyonda da optimal serum seviyelerinin kas sağlığı ve güç gelişimi ile pozitif korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır [267, 268].

D vitamini statüsü, performansın yanı sıra yaralanma risk yönetimi açısından da kritik öneme sahiptir, özellikle serum seviyelerinin 30 ng/mL'nin (veya genel eşik olan ≥ 50 nmol/L) altına düşmesi, sporcularda stres kırıkları, eklem yaralanmaları ve aşırı antrenman kaynaklı komplikasyonlar için önemli bir risk faktörü olarak tanımlanmaktadır [121]. Eksiklik durumunda gözlenen kas zayıflığı, artan ağrı duyarlılığı ve yavaşlayan iyileşme süreçleri performansı doğrudan olumsuz etkilemektedir [269]. Mevsimsel dalgalanmalar nedeniyle hem sedanter bireylerde hem de sporcularda yaygın olarak görülen yetersizliklerin önlenmesi aralıklı takım sporlarından bireysel branşlara kadar tüm sporcuların makro ve mikro besin

dengesinin korunması ve spor performansının optimize edilmesi adına stratejik bir öneme sahiptir [270].

Geleneksel olarak kalsiyum homeostazı üzerindeki etkisiyle tanınan D vitamini, güncel literatürde bağışıklık sistemi, protein ve hormon sentezi, genetik sinyal iletimi ve hücrel rejenerasyon gibi süreçleri kapsayan geniş spektrumlu bir hormon olarak nitelendirilmektedir [271, 272]. Performansın ve toparlanma mekanizmalarının temel taşları olan kas fonksiyonu ve immün regülasyon üzerindeki belirleyici rolü nedeniyle, bu vitaminin yetersizliği, kas güçsüzlüğü, inflamasyon artışı ve iyileşme süreçlerinin sekteye uğramasıyla doğrudan ilişkilendirilmektedir [273].

Birçok spor dalında yüksek görülme sıklığına sahip olan D vitamini eksikliğinin, güç ve dayanıklılık kapasitesini azaltarak yaralanma riskini mobilize ettiği bildirilmektedir. Başlıca güneş ışığına maruziyet yoluyla endojen olarak sentezlenen bu mikro besin ögesi, daha düşük oranlarda ise yumurta sarısı, yağlı balık türleri, balık karaciğeri yağı, güneş ışığına tabi tutulmuş mantarlar ve fortifiye edilmiş süt ürünlerinden eksojen olarak temin edilebilmektedir [274, 275].

D vitamini, kalsiyum ve demir gibi mikro besin öğeleri ile birlikte kas-iskelet sistemi sağlığı ve performansın sürdürülebilirliğinde kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir [276, 277]. Bu vitamin, kalsiyum emilimini optimize ederek kemik yapısını korumasının yanı sıra, bağışıklık fonksiyonlarını ve kas kuvvetini destekleyen fizyolojik süreçlerde de temel bir rol üstlenmektedir [278].

Hem sedanter bireylerde hem de sporcu popülasyonlarında mevsime bağlı olarak yetersiz D vitamini alımıyla karşılaşıldığı bilinmekle birlikte, kemik metabolizması ve iskelet kası işlevleri üzerindeki merkezi etkileri sebebiyle, sporcular için optimal seviyelerin muhafazası özel bir önem arz etmektedir. Literatürde genel nüfus ve sporcular için serum değerlerinin ≥ 50 nmol/l düzeyinde olması gerektiği vurgulansa da, D vitamini takviyesinin sportif performansı doğrudan geliştirip geliştirmediği hususu bilimsel açıdan henüz netlik kazanmamıştır [44, 279].

Açık hava branşlarında faaliyet gösteren sporcuların yeterli D vitamini rezervine sahip olduğuna dair yaygın literatür varsayımına rağmen, güncel bulgular bu grubun serum seviyelerinin genel popülasyon değerleriyle paralellik sergilediğini göstermektedir. D vitamini statüsünün belirlenmesinde coğrafi konum ve icra edilen spor dalının özgün nitelikleri gibi faktörler temel belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır. D vitamini eksikliği

osteomalazi ve osteoporoz gibi metabolik kemik hastalıklarının yanı sıra, iskelet dışı patolojik tabloları kapsayan geniş bir morbidite spektrumu ve çeşitli sağlık sorunları ile doğrudan ilişkilendirilmektedir [280].

İnsan organizmasında D vitamini ihtiyacının büyük bir bölümü (%90-95) güneş ışığı maruziyeti sonucunda endojen olarak sentezlenmekte, dolayısıyla gıda kaynaklı eksojen temin süreci genel gereksinim içerisinde daha sınırlı bir yer tutmaktadır [265]. Önemli miktarda D vitamini barındıran besin kaynakları temel olarak somio on, sardalya, ringa balığı ve ton balığı gibi yağlı balıklar ile güneşte yetiştirilen mantarlarla kısıtlıdır, bununla birlikte sığır ciğeri, yumurta sarısı, güçlendirilmiş süt ürünleri, margarin ve tereyağı gibi besinler de diyetle alım stratejilerinde yer almaktadır [254].

Vücudun D vitamini üretim kapasitesi enlem, mevsim ve günün saati gibi ekolojik değişkenlerin yanı sıra, genetik faktörler, vücut kompozisyonu, fiziksel aktivite yoğunluğu, cilt pigmentasyonu ve topikal güneş kremi kullanımı gibi bireysel parametreler tarafından belirlenir [281].

E Vitamini

Hücre zarlarının oksidatif hasara karşı muhafaza edilmesinde ve bağışıklık sistemi düzenlenmesinde merkezi bir görev üstlenen E vitamini, yağların kullanılması zincirleme reaksiyonlarını ortadan kaldıran temel bir antioksidandır [282]. Söz konusu mikro besin, antioksidatif indirgeme mekanizmalarını ideal seviyeye ulaştırması fiziksel yüklenme neticesinde oluşan oksijen açığının kapatılmasına ve egzersiz sonrası bedensel toparlanma süreçlerinin hızlandırılmasına katkıda bulunurken, görme yetisinin korunması ve kardiyovasküler patolojilerin önlenmesi gibi geniş bir çerçevede koruyucu işlevler sergilemektedir [283, 284].

Bunlara ek olarak, protein sentezi süreçlerini tetiklemesi, kas dokusunun damarlaşmasını geliştirmesi ve dokunun besinsel statüsünü iyileştirmesi yoluyla genel kas kalitesini artırdığı saptanmıştır. E vitamininin eksojen temininde ise margarin ve salata sosları gibi çoklu doymamış bitkisel yağlar, tohumlar, kuruyemişler ve buğday özü birincil kaynaklar olarak değerlendirilmekte, yapraklı yeşil sebzeler, tam tahıllar ile karaciğer, yumurta sarısı ve yağlı etler gibi hayvansal gıdalar ise beslenme profilini destekleyen fonksiyonel bileşenler olarak öne çıkmaktadır [22, 44].

K Vitamini

Hemostatik mekanizmaların düzenlenmesi ve kemik metabolizmasının devam etmesi için gerekli olan fizyolojik süreçlerde K vitamini kritik bir role sahiptir. Kan pıhtılaşma fonksiyonlarını düzenleyici etkisinin yanı sıra, iskelet sistemini güçlendirme, kardiyovasküler patolojilerin gelişimini önleme ve antioksidan kapasite sergileme gibi çok yönlü biyolojik katkıları olduğu saptanmıştır [285–287].

Suda Çözülen Vitaminler

Organizmadaki depolanma kapasiteleri kısıtlı olan hidrosolüblü vitaminler, fizyolojik süreçlerin devamlılığı için günlük diyetle düzenli bir eksojen temin sürecine ihtiyaç duymaktadır. B-kompleks grubu (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12) ile C vitaminini ihtiva eden bu bileşenler, bitkisel ve hayvansal kaynaklı ürünlerin yanı sıra süt ve türevlerinde değişken yoğunluklarda bulunarak geniş bir nütrisyonel dağılım sergilemektedir [288].

B Vitamini

B grubu vitaminleri (B1, B2, B3, B6, B12, folat, biyotin ve pantotenik asit), nükleik asit, protein, karbonhidrat ve yağ metabolizmasının yanı sıra bağışıklık sistemi ve psikolojik fonksiyonların regülasyonunda temel işlevler üstlenmektedir [289]. Besinsel enerjinin adenozin trifosfata (ATP) dönüştürülmesini kolaylaştırarak enerji üretiminde merkezi bir rol oynayan bu bileşiklerin, eş zamanlı olarak sinir sistemi bütünlüğünü koruduğu ve eritrosit oluşumunu desteklediği bildirilmektedir [290].

B-kompleks vitaminleri içerisinde yer alan B1 vitaminini laktik asit oksidasyonunu stimüle etme, oksijen açığını düşürme ve egzersiz performansını geliştirme kabiliyeti sayesinde, yorgunluğun giderilmesini hızlandırdığı ve iyileşme periyodunu kısalttığı saptanmıştır. Bu mikro besinlerin diyetel kaynakları incelendiğinde, karaciğer, kırmızı et, balık, yumurta ve kümes hayvanları gibi hayvansal gıdaların yanı sıra, yeşil yapraklı sebzeler (ıspanak, kuşkonmaz, Brüksel lahanası), baklagiller, yer fıstığı ve çeşitli süt ürünlerinin dengeli bir alım için stratejik öneme sahip olduğu görülmektedir [22, 254].

C Vitamini

Suda çözünen bir antioksidan olan C vitamini, hücreleri serbest radikal hasarına karşı muhafaza ederek bağışıklık sistemini destekleme noktasında stratejik bir işlev görmektedir. Özellikle kolajen biyosentezindeki kritik rolü nedeniyle, tendon, ligament ve bağ dokusu gibi anatomik yapıların onarımı, yara iyileşmesi ve doku bütünlüğünün idamesi süreçlerinde vazgeçilmez bir bileşen olarak kabul edilmektedir [291, 292].

Ayrıca deri tabakasının, diş ve diş eti sağlığının korunmasına yönelik fizyolojik katkıları literatürde vurgulanmaktadır. Diyetel alım stratejilerinde, turuncgiller (portakal, kivi, limon, greyfurt), çilek, papaya ve mango gibi meyvelerin yanı sıra dolmalık biber, domates, patates ve turpgiller (brokoli, Brüksel lahanası, karnabahar) gibi sebzeler, bu hayati mikro besinin eksojen temini için birincil ve zengin kaynaklar olarak tanımlanmaktadır [44, 254].

Mineraller

Hücre, doku ve organların işleyişi ile yaşam döngüsünün devamlılığı için kritik öneme sahip olan mineraller, vitaminlerle birlikte temel mikro besin ögeleri kategorisinde yer almaktadır. Dokuların yapısal formunda bulunan bu bileşenler, enzim ve hormonların asli unsurlarını oluştururken, aynı zamanda metabolik süreçlerin ve sinir sistemi fonksiyonlarının düzenlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Hem sedanter bireyler hem de sporcular için hayati değer taşıyan bu besinlere yönelik gereksinim, enerji ihtiyacını karşılayan dengeli ve çeşitlendirilmiş bir diyetle büyük oranda karşılanabilmektedir. Özellikle aktif sporcularda, yüksek kalorili beslenme düzenine bağlı olarak artan gıda tüketim hacmi, mikro besinlerin günlük alım miktarını da doğal bir süreçle yükseltmektedir. Ancak, somut bir biyolojik gereksinim saptanmadan ve uzman denetimi olmaksızın başvurulmuş rastgele takviye kullanımı, mevcut sorunları derinleştirebileceği gibi besinsel yeterlilik konusunda yanıltıcı bir güven hissi de uyandırabilmektedir [5, 22].

Egzersiz esnasında mineral dengesini etkileyen temel faktörlerden biri olan terleme, bireysel terleme hızı, antrenman periyodu ve terin mineral yoğunluğuna bağlı olarak kişiler arasında belirgin farklılıklar sergilemektedir. Dayanıklılık sporcularında terleme oranının saatte 0,4 ile 1,8 litre arasında değiştiği gözlemlenirken, ter içeriğindeki mineral miktarı, özellikle sodyum özelinde on kata kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Orta ve yüksek yoğunluklu antrenman hacimlerinde sodyum,

bakır ve çinko gibi kritik minerallerin kaybı yaşanabilirken, genellikle göz ardı edilen ter kaynaklı demir kaybı, diğer faktörlerle birleştiğinde demir eksikliği tablosuna zemin hazırlayabilmektedir. Diğer taraftan, bazı minerallerin ter yoluyla kaybı klinik açıdan ihmal edilebilir düzeyde kalmaktadır. Ayrıca, egzersiz süresinin uzaması ve organizmanın ısıya karşı geliştirdiği adaptasyon süreci, terle atılan mineral miktarının azalmasını sağlayan fizyolojik mekanizmalar arasındadır [293, 294].

İnsan organizmasındaki çok sayıda fizyolojik ve metabolik süreç, minerallerin varlığına gereksinim duymaktadır. Mineraller, egzersiz sırasında kalp ritminin düzenlenmesi, oksijenin dokulara taşınması, antioksidan savunma mekanizmalarının aktivasyonu, iskelet sağlığının idamesi ve bağışıklık sisteminin tahkim edilmesi gibi kritik fonksiyonlarda etkin rol oynamaktadır. Söz konusu süreçlerin spor aktiviteleri sırasında ivme kazanması nedeniyle, optimal performansın sergilenmesi için vücutta yeterli mineral seviyelerinin bulunması zorunludur. Mineral eksikliği durumunda fiziksel verimliliğin azaldığı bilinmekle birlikte, eksikliği bulunan sporcularda takviye kullanımının performansı yeniden yükselttiği saptanmıştır [295, 296].

Özel olarak değerlendirildiğinde kalsiyum desteği, erken evre osteoporoza yatkınlığı olan sporcularda kemik kütlelerinin muhafaza edilmesine katkı sağlarken, demir takviyesi, anemi veya demir eksikliği yaşayan bireylerde sportif kabiliyeti artırmaktadır. Ayrıca, sodyum fosfat yüklemesinin maksimal oksijen tüketimi, anaerobik eşik ve dayanıklılık kapasitesi üzerinde %8-10 civarında bir artış meydana getirdiği belirlenmiştir. Antrenman periyodunun başlangıç safhasında diyetle alınan sodyum klorür miktarının artırılması, sıvı dengesini stabilize ederek dehidrasyon riskini minimize etmekte, çinko kullanımı ise yoğun fiziksel aktivite kaynaklı bağışıklık sistemi değişimlerini desteklemektedir [297–299].

Demir

Oksijen taşınması, enerji metabolizması ve büyüme süreçlerindeki kritik fonksiyonları nedeniyle özellikle ergen sporcular için hayati bir mikro besin maddesi olan demir, performansın ve genel sağlığın korunmasında temel bir bileşen olarak kabul edilmektedir [13, 300]. Oksijenin hemoglobin aracılığıyla iletilmesi ve miyogloblin vasıtasıyla depolanmasında işlevsel bir rol üstlenen bu element, elektron transfer reaksiyonları, gen düzenlemesi, hücresel farklılaşma ve bilişsel gelişim gibi çok sayıda biyolojik süreç için gereklidir [145, 300, 301].

Vücuttaki toplam konsantrasyonu yaş ve cinsiyete bağlı olarak 30-50 mg/kg arasında değişen demirin yaklaşık %60'ı karaciğerde, kalan %40'ı ise kas dokusu, hücreler ve retikuloendoteliyal sistemde konumlanmaktadır [300]. Karaciğerde depolanan demirin %95'i ferritin proteinine bağlıyken, geri kalan %5'lik kısım hemosiderin formundadır [302]. Eritrosit üretiminin sürekliliğini sağlamak amacıyla, plazma demir havuzunun yaklaşık %80'i kemik iliği tarafından mobilize edilmektedir.

Fiziksel performans açısından demir, kaslara oksijen sevkiyatını sağlayarak yorgunluk ve halsizliğin önlenmesinde belirleyici bir faktördür, nitekim yetersizliği durumunda organizmanın artan talepleri karşılaması güçleşmektedir [303]. Enerji metabolizmasının yanı sıra vücut ısısının düzenlenmesi, bağışıklık sisteminin desteklenmesi ve hormon üretimi gibi fonksiyonlarda da aktif rol oynayan bu mineral, özellikle sıcak iklimlerde yarışan sporcular için stratejik öneme sahiptir [296, 304]. Sportif antrenmanların tetiklediği yeni damar oluşumu ve hematokrit artışı (kandaki kırmızı kan hücresi oranının normalden daha fazla olması) gibi fizyolojik değişimler demir ihtiyacını yükseltmektedir. Ancak, diyetle alınan demirin emilim oranının düşük olması (yaklaşık %10) nedeniyle, günlük önerilen 18 mg (kadınlar için) ve 8 mg (erkekler için) dozlarının karşılanması hassasiyet gerektirmektedir [301]. Diğer taraftan, tıbbi denetim olmaksızın gerçekleştirilen demir takviyesi, prooksidatif etkiler, sindirim bozuklukları ve kardiyovasküler riskler barındırması sebebiyle önerilmemektedir [261].

Sporcularda demir homeostazının temel belirleyicisi olan hepcidin proteini, egzersiz sonrası süreçte demir emilimini kısıtlayarak demir eksikliği gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. İnflamatuar yanıtlara ve yüksek demir konsantrasyonuna bağlı olarak ekspresyonu artan hepcidin, enterositlerden ve makrofajlardan demir salınımını engelleyerek hem besinsel emilimi hem de sistemik demir geri dönüşümünü baskılamaktadır. Egzersiz kaynaklı inflamasyonun tetiklediği bu geçici hepcidin yükselmesi, post-egzersiz periyodunda demir metabolizmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Buna karşın, güncel araştırmalar kronik antrenman süreçlerinin, özellikle demir depoları kısıtlı olan sporcularda hepcidin ekspresyonunu baskılayıcı bir etki yaratabileceğine işaret etmektedir. Nitekim yapılan araştırmalarda antrenman sonrası hepcidin artışının sadece bazal ferritin düzeyleri orta ve yüksek seyreden sporcularda gözlemlendiğini, demir depoları düşük olan bireylerde ise bu yanıtın daha zayıf kaldığını ortaya koymuştur [305]. Benzer bir yaklaşımla, lise çağındaki kadın

dansçılar üzerinde yapılan incelemeler, sürekli antrenman yapmanın, muhtemelen yükselen eritropoietin seviyeleri ve hemoliz süreciyle ilişkili olarak, dinlenme evrelerine kıyasla hepcidin seviyelerini düşürdüğünü bildirmektedir. Ayrıca, serum 25(OH)D düzeyleri ile demir parametreleri arasında saptanan pozitif yönlü ilişki, D vitamininin demir metabolizmasının düzenlenmesinde tamamlayıcı bir işlev görebileceğini düşündürmektedir [254, 305, 306].

Klinik düzeyde anemi tablosu henüz şekillenmemiş olsa dahi, demir eksikliği aerobik kapasiteyi, bilişsel fonksiyonları ve bağışıklık sistemi sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir [307]. Oksidatif kapasitedeki azalma, mitokondriyal solunumdaki bozulmalar veya antrenman adaptasyonundaki zayıflama nedeniyle, sporcuların fiziksel performansında gerileme ve belirgin bir yorgunluk hissi oluşmaktadır. Besinsel referans alım miktarları 13-18 yaş aralığındaki erkekler için 11 mg/gün, kadınlar için ise 15 mg/gün olarak belirlenmiş olsa da özellikle profesyonel sporcuların demir gereksiniminin, profesyonel olmayan bireylere kıyasla %70 oranında daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ter, idrar, dışkı ve menstrüasyon gibi doğal yollarla gerçekleşen endojen kayıpların yanı sıra, yüksek yoğunluklu sporlarda görülebilen gastrointestinal veya üriner sistem kanamaları ile hatalı planlanmış vejetaryen/vegan beslenme modelleri, demir depolarının tükenmesine zemin hazırlayan temel risk faktörleridir [308, 309].

Demir eksikliğinin klinik yönetiminde genellikle 60-120 mg demir içeren oral takviyeler kullanılmaktadır. Emilim verimliliğini maksimize etmek amacıyla, hepcidin seviyelerinin düşük olduğu sabah vakitlerinde, öğünlerden ayrı ve bir C vitamini kaynağı ile birlikte uygulama yapılması önerilmektedir. Zira C vitamini emilimi desteklerken, kahvaltıda veya kahve tüketimi, beraberinde C vitamini bulursa dahi biyoyararlanımı %54-66 oranında azaltabilmektedir. Tedavide yaygın olarak kullanılan demir tuzları (sülfat, fumarat, glukonat) yüksek etkinlik sunsa da gastrointestinal yan etkilere ve C vitamini ile birleştiğinde oksidatif stres kaynaklı inflamasyona yol açabilmektedir. Buna karşın demir kompleksleri (polisakkarit, polimaltoz vb.) daha yüksek tolerans sağlasa da atletik popülasyonlarda etkinliklerine dair veriler sınırlıdır. Oral tedavinin kontrendike olduğu veya şiddetli aneminin gözlendiği vakalarda ise hızlı sonuç veren ancak tıbbi denetim gerektiren intravenöz yöntemler tercih edilmektedir. Öte yandan, literatürdeki baskın görüş, spesifik bir

eksiklik saptanmadığı sürece demir takviyesi kullanımının aerobik performansa ilave bir katkı sağlamadığı yönündedir [310, 311].

Diyetsel demir kaynakları, biyoyararlanım özelliklerine göre hem demir ve hem olmayan demir olmak üzere iki temel kategoride sınıflandırılmaktadır. Hayvansal kaynaklı olan hem demir, et, balık, tavuk ve çeşitli deniz ürünlerinde bulunurken, hem olmayan demir ise bu hayvansal gıdaların yanı sıra baklagiller, yumurta ve sebzeleri de kapsayan daha geniş bir besin grubunda yer almaktadır [44].

Beslenme düzeninde öne çıkan başlıca kaynaklar arasında kırmızı et, yağsız etler, kümes hayvanları ve deniz ürünlerinin yanı sıra ıspanak ve Çin lahanası gibi yapraklı yeşil sebzeler, zenginleştirilmiş tahıllar, kuruyemişler, tohumlar ve baklagiller sayılmaktadır [13, 254]. Demir eksikliğinin tıbbi olarak doğrulandığı durumlarda, optimal seviyelerin yeniden tesisi ile hem genel sağlığın hem de performansın sürdürülebilmesi için sağlık profesyonelleri tarafından demir durumunun düzenli takibi, spesifik diyet müdahalelerinin planlanması veya gerekli görüldüğünde takviye protokollerinin uygulanması gerekmektedir [13].

Kalsiyum

İskelet ve diş sisteminin yapılandırılması, koagülasyon süreçleri, nöral sinyallerin iletimi ve vücut pH dengesinin muhafazası için kalsiyum elzem bir mineraldir. Bununla birlikte, gereğinden fazla kalsiyum takviyesi mide pH'ını tamponlayarak asidik bir ortamda gerçekleşmesi gereken protein sindirimini olumsuz etkileyebilmektedir. Aşırı kalsiyum tüketimi ayrıca, aynı zaman diliminde alındığı takdirde çinko, demir ve magnezyum gibi iki değerlikli diğer minerallerin emilim süreçlerini de sekteye uğratabilmektedir [312, 313].

Bu gerekçeyle, kalsiyum desteklerinin demir içeren besinler veya takviyelerle birlikte alınmaması tavsiye edilmektedir. Süt ürünleri, baklagiller ve bezelyenin yanı sıra koyu yeşil yapraklı sebzeler önemli kalsiyum kaynaklarıdır, ancak bu sebzelerdeki yüksek oksalik asit oranı hem kalsiyum hem de demir emilimini kısıtlamaktadır. Bu olumsuz etkiyi azaltmak amacıyla sebzelerin kısa süreli haşlama işleminden geçirilmesi, oksalik asit içeriğini düşürerek minerallerin emilimini artırmaktadır [314].

Kalsiyum, kas kontraksiyonu, nöral iletim, hemokoagülasyon, protein metabolizması ve hücrel sinyalizasyon süreçlerinde kritik fonksiyonlar icra eden elzem bir

bileşendir [315]. Kas dokusundaki işleyişi, troponin C'ye bağlanarak aktin filamentindeki miyozin bağlanma bölgelerini işlevsel hale getirmesiyle gerçekleşmekte, her kasılma döngüsünün ardından ise tamamen tükenmek yerine yeniden kullanılmak üzere sarkoplazmik retikulumu geri dönmektedir [316].

Performans açısından değerlendirildiğinde kalsiyum, kas kuvvetinin muhafazasının yanı sıra karbonhidrat ve lipidlerin enerjiye dönüştürülmesini optimize ederek yorgunluk eşiğini yükseltmekte ve post-egzersiz toparlanma sürelerini kısaltmaktadır [317–319]. İskelet sistemi sağlığı, kalsiyum, D vitamini ve fiziksel aktivitenin sinerjisiyle sağlanan kemik mineralizasyonu ile korunmakta, bu durum yoğun antrenman stresine karşı kemik ve eklemleri dirençli kılmaktadır. Egzersiz esnasında terleme yoluyla mineral kaybı yaşanmasına rağmen sporcuların kalsiyum gereksiniminde dramatik bir artış gözlenmemekle birlikte, kalsiyumdan zengin bir diyetle destekleme yapılması tavsiye edilmektedir [145]. Yetersiz besin yoğunluğu ve düşük kalsiyum alımı, osteoporoz ve stres kırığı riskini arttırabilmektedir. Sporcular için günlük yaklaşık 1500 mg, ergenler için 1200 mg ve 25-50 yaş arası kadınlar için 1000 mg düzeyinde kalsiyum tüketimi, optimal sağlık ve performansın sürdürülebilirliği için gereklidir [320, 321].

Kalsiyumun diyet kaynakları, süt, peynir ve yoğurt gibi süt ürünlerinin yanı sıra soya fasulyesi, badem ile ıspanak ve Çin lahanası gibi yeşil yapraklı sebzeleri kapsamaktadır [254]. Bu temel gıdalara ek olarak, kalsiyumla zenginleştirilmiş süt ve meyve suları, kılçıklı konserve balıklar, brokoli, pazı, kara lahana, çeşitli baklagiller ve susam mineral ihtiyacının karşılanmasında işlevsel bir rol oynamaktadır [44].

Tofu, kabuklu kuruyemişler ve takviye edilmiş tahılların da kalsiyum ihtiva eden geniş bir besin yelpazesinde yer aldığı saptanmıştır [317]. Sporcular özelinde kalsiyum gereksinimi bireyin vücut kütlelerine ve sergilediği fiziksel aktivite yoğunluğuna göre farklılık arz etmektedir. Şayet beslenme düzeniyle hedeflenen günlük alım miktarı karşılanamıyorsa, kalsiyum takviyelerinin kullanımı değerlendirilmelidir [247].

Magnezyum

Magnezyum, enerji metabolizması [322], hücrel büyüme [323], glikoliz [324] ve protein sentezi [325] süreçleri de dâhil olmak üzere 600'den fazla enzimatik reaksiyonda görev alan elzem bir mineraldir [326]. Mg^{2+} iyonu formunda, enerji üretimi, kas kontraksiyonu [327], arteriyel kan basıncı regülasyonu [328] ve sinirsel

iletim [280] gibi hayati fizyolojik fonksiyonların yürütülmesinde merkezi bir rol oynayan Mg-ATP kompleksini oluşturmaktadır [325]. Kas sisteminin işleyişi açısından kritik öneme sahip olan bu mineral, kasılma ve gevşeme döngülerini destekleyerek enerji metabolizmasını optimize eder [329].

Yüksek serum magnezyum düzeylerinin, hem yaşlı popülasyonda [330, 331] hem de sporcularda [332] gelişmiş kas performansı ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Magnezyum yetersizliği nöromusküler işlevleri sekteye uğratarak krampların oluşumuna zemin hazırlayabilse de, egzersiz kaynaklı kramplar üzerindeki özgün rolüne ilişkin bilimsel kanıtlar henüz sınırlı düzeydedir [333, 334]. Genel sağlığın korunması ve atletik başarının sürdürülebilirliği bağlamında stratejik bir besin maddesi olarak tanınan magnezyum [249], enerji seviyelerini yükseltme, yorgunluk hissini minimize etme ve kas performansını artırma potansiyeliyle sporcuların zirve performans düzeyine erişmelerinde kritik bir işlev görmektedir [249, 334].

Magnezyum, tüm canlı hücrelerin temel bir yapı taşı olarak kabul edilmekte ve hücrel enerji ana kaynağı olan ATP ile yakın bir ilişki içerisinde, bu molekül için hayati bir kofaktör görevi üstlenmektedir [324, 326, 335, 336]. Mineralin enerji üretimi, kas fonksiyonları ve glikoz metabolizmasının regülasyonu üzerindeki belirleyici rolleri, onu sporcular açısından performansı düzenleyen ve optimize eden stratejik bir bileşen haline getirmektedir [280].

Enerji metabolizmasında ve doku iyileşme süreçlerinde aktif rol oynayan 300'den fazla enzimin yapısında bulunan bu çok yönlü mineral, genel fizyolojik dengenin korunması için vazgeçilmezdir [337]. Bireyler için 400-420 mg/gün, kadınlar için ise 310-320 mg/gün düzeyinde bir tüketim öngörülmektedir [249].

Magnezyum ve D vitamini arasındaki karşılıklı etkileşim, bu iki bileşenin fizyolojik süreçlerde birbirini tamamlaması esasına dayanmaktadır, zira D vitamini magnezyumun emilim süreçlerini kolaylaştırırken, magnezyum ise D vitamininin biyosentezi, nakli ve aktivasyon aşamalarında kritik görevler ifa etmektedir [280, 338, 339].

Sporcuların genel sağlık statüsünün korunmasında ve performansın optimize edilmesinde vazgeçilmez olan bu elementler, özellikle kas-iskelet, kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin fonksiyonel sürdürülebilirliği için elzemdir. Literatürde sporcular arasında yaygın olduğu belirtilen bu iki bileşendeki eksiklik durumları,

antrenman kalitesini ve fiziksel başarıyı ciddi boyutta riske atabilmektedir. Söz konusu yetersizlikler, stres kırığı gibi yaralanmalara, kardiyak aritmilere, ani kalp durmalarına, astım semptomlarına ve enfeksiyonlara zemin hazırlayabildiği gibi, egzersiz sonrası fizyolojik toparlanma ve iyileşme süreçlerini de sekteye uğratabilmektedir [280].

Magnezyum, hücrel enerji depolarının temel birimi olan ATP'nin kullanılabilirliğini artırarak enerji metabolizmasında ve kas performansının idame ettirilmesinde merkezî bir işlev görmektedir [295, 340]. Bu mineralin düzenli alımı, ATP sentezini teşvik ederek dayanıklılığı artırırken, eksikliği durumunda enerji seviyelerindeki düşüşe bağlı olarak yorgunluk ve performans kayıpları gözlenmektedir [333, 341]. Kasların fizyolojik kasılma ve gevşeme döngülerini desteklemesi, sadece motor kontrolü geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda laktik asit birikimini sınırlayarak egzersiz sonrası ağrıları hafifletmekte ve toparlanma süresini optimize etmektedir [337, 342, 343].

Fiziksel aktiviteye yanıt olarak enerji üretim bölgelerine mobilize olan magnezyum, kuvvet gelişimi, kardiyorespiratuar fonksiyonlar, sinir iletimi ve bağışıklık sistemi yanıtı için kritik bir bileşen teşkil etmektedir [326, 328, 344–347]. Dayanıklılık ve direnç antrenmanlarına yönelik kas adaptasyonlarının sağlanmasında anahtar bir rol üstlenirken, oksidatif stresin azaltılmasına da katkı sunmaktadır [326, 348–352]. Ayrıca, diyetle sağlanan yüksek magnezyum düzeyi kemik mineral yoğunluğunu iyileştirerek kırık riskini azaltma potansiyeline sahiptir [353–356]. Yoğun egzersiz süreçlerinin tetiklediği inflamasyon ve kas hasarı nedeniyle sporcuların magnezyum gereksinimi, sedanter bireylere kıyasla belirgin şekilde artış göstermektedir [329, 357, 358].

Magnezyum eksikliği, performansı sekteye uğratabilen [359] ve vücutta oksidatif hasar [360], kardiyak aritmiler [361], kaslarda güç kaybı [329] ve hipomagnezemi [362] gibi klinik tabloların oluşmasına sebebiyet verebilen bir durumdur [359]. Bu mineralin yetersizliği, kısıtlı besinsel alım ile egzersiz esnasında terleme ve idrar yoluyla artan kayıpların birleşmesi sonucunda meydana gelebilmektedir [363].

Fiziksel olarak aktif bireylerin, zirve performans kapasitelerini korumak amacıyla sedanter bireylere oranla daha yüksek miktarda magnezyuma ihtiyaç duydukları bilinmektedir [295]. Özellikle direnç antrenmanları yapan kişilerde gözlenen düşük magnezyum düzeyleri, enerji metabolizmasının işleyişini verimsizleştirerek

dayanıklılık potansiyelini azaltmaktadır [249]. Bu bağlamda, diyetle sağlanan mineral miktarının yetersiz kaldığı durumlarda, sporcuların sağlık ve performans çıktılarını stabilize etmek adına takviye kullanımı bir gereklilik olarak değerlendirilmelidir [280].

Potasyum

Potasyum (K), sporcuların fizyolojik direnci ve sportif başarısı açısından belirleyici role sahip temel bir besin ögesidir. İnsan sağlığı için vazgeçilmez olan birçok biyolojik süreçte etkin rol oynayan bu mineralin, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) güncel direktifleri doğrultusunda yetişkin bireylerce günlük asgari 3510 mg düzeyinde alınması gerekmektedir [364]. Kas kontraksiyonlarının gerçekleşmesinde temel bir işlev üstlenen potasyum, homeostazın bir parçası olarak vücut sıvı dengesini, arteriyel kan basıncını ve kardiyak ritmi regüle etmektedir.

Sinir iletimi ve elektrolit dengesi üzerindeki etkileri, özellikle yoğun terleme ile karakterize olan uzun süreli fiziksel aktivitelerde sporcular için koruyucu bir unsur teşkil etmektedir [365, 366]. Performans boyutunda ise potasyum, karbonhidratların katabolizmasına iştirak ederek yüksek yoğunluklu aktiviteler sırasında enerji seviyelerinin korunmasını sağlar. Kaslarda laktik asit birikimini sınırlayarak yorgunluk hissini geciktirmekte ve yaralanma risklerini azaltmaktadır [366]. Öte yandan, potasyum takviyesi kullanımının sporcu popülasyonunda kas krampları üzerindeki önleyici etkisi henüz bilimsel literatürde netlik kazanmamıştır [247].

Sodyum

Uzun süreli fiziksel yüklenme süreçlerinde, özellikle yüksek terleme oranına sahip olan ve kıyafetlerinde belirgin tuz kristalleri gözlemlenen bireylerde kayda değer düzeyde sodyum kaybı şekillenmektedir [367]. Kan sodyum konsantrasyonunun 135 mmol/l eşiğinin altına gerilemesiyle karakterize edilen hiponatremi tablosu, dayanıklılık sporcularının %3 ile %22'sini etkileyen klinik bir durumdur [368].

Egzersiz kaynaklı hiponatreminin gelişiminde, terleme yoluyla artan elektrolit kaybı ile sodyum içeriği düşük sıvıların aşırı tüketimi ve bireysel risk unsurları belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, maraton, triatlon veya ultra dayanıklılık yarışları gibi 4 saati aşan aktivitelerde yer alan tecrübesiz sporcuların yanı sıra, düşük vücut kitle indeksine (BMI) sahip olup yüksek hacimli sıvı tüketen bireyler, söz konusu tablo açısından yüksek risk grubu içerisinde değerlendirilmektedir [261, 367].

Çinko

Çinkonun bitkiler için temel bir element olduğu 1869'da, deney hayvanları için 1934'te ve insanlar için 1961'de kanıtlanmıştır [369]. Çinko, hücreyel onarım, bağışıklık sistemi fonksiyonları, hormonal üretim ve deri sağlığının muhafazası gibi kritik metabolik süreçlerin yürütülmesi için vücudun gereksinim duyduğu temel bir mineraldir [16]. 300'den fazla enzimin bir bileşenidir ve bu enzimlerin bazıları kas enerji üretimi ve protein sentezi gibi fiziksel performans için önemli işlevlerde rol oynar [343]. Bu bileşenin eksikliği, genellikle kısıtlı besinsel alım ile sportif faaliyetlere bağlı olarak ter ve idrar yoluyla artan mineral kayıplarının bir bileşimi sonucunda şekillenmektedir [261, 363]. Karbonhidrat açısından zengin ancak protein ve yağ açısından düşük bir diyet benimseyen dayanıklılık sporcularının çinko alımını azaltabileceğini ve bunun zamanla vücut ağırlığı kaybı, gizli yorgunluk ve dayanıklılık azalması ile sonuçlanan çinko eksikliğine yol açabileceği bilinmektedir [370].

Pek çok sporcunun beslenme yoluyla yeterli miktarda çinko tüketemediği saptanmış olup, bu yetersizlik durumu performans ve genel sağlık çıktılarında dezavantajlı bir tabloya sebebiyet verebilmektedir [371]. Ek çinko takviyesi veya yeterli hayvansal protein içeren diyetler, büyümeyi iyileştirmiş ve anemi tedavisine yanıt vermiştir [369]. Birleşik Krallık Ulusal Diyet ve Beslenme Araştırması (NDNS) verilerine göre, mevcut günlük çinko tüketim seviyeleri erkeklerde 9,5 mg, kadınlarda ise 7,6 mg olarak kaydedilmiştir [247, 372].

Çinko takviyesinin performans üzerindeki en belirgin katkılarından biri, aerobik dayanıklılık kapasitesini yukarı çekmesidir [343]. Bu mineral, kanın vizkozitesini düşürüp dokulara oksijen sevkiyatını güçlendirerek enerji metabolizmasının etkinliğini artırmaktadır [343, 371]. Sporcuların fiziksel sınırlarını zorlamalarına imkan tanıyan kuvvet ve dayanıklılık artışına yardımcı olan çinko, bu süreçte organizmanın ihtiyaç duyduğu besin desteğinin sürdürülmesini sağlamaktadır [247].

Fizyolojik etkilerinin yanı sıra çinkonun anti-enflamatuar ve analjezik özellikleri, egzersiz sonrası gelişen iltihabi reaksiyonları ve ağrı duyusunu hafifleterek doku onarım sürecini hızlandırmakta, bu sayede yaralanma risklerini minimize etmektedir [366]. Ayrıca, bilişsel düzeyde dikkat süresini ve odaklanma yetisini geliştirerek sporcuların görevlerine tam konsantrasyonla yoğunlaşmalarına ve optimal performans sergilemelerine olanak tanımaktadır [247, 373]. Besinsel çinko gereksiniminin

karşılanmasında deniz kabukluları, sığır ve tavuk eti gibi hayvansal proteinlerin yanı sıra baklagiller, sert kabuklu yemişler ve tohumlar temel kaynaklar olarak değerlendirilmektedir [254].

Selenyum

Selenyum, doğal olarak çeşitli bitkisel ve hayvansal kaynaklarda bulunabilen, ayrıca endüstriyel olarak işlenmiş gıdalara takviye edilebilen bir elementtir [374]. Güçlü antioksidan nitelikleri sayesinde hücrel hasara karşı organizmanın savunma kapasitesini artıran bu mineral, dayanıklılık, kuvvet ve total performans üzerinde olumlu etkiler yaratarak sporcular için fonksiyonel bir değer taşımaktadır [375].

Bilişsel perspektiften bakıldığında, selenyumun mental odaklanmayı güçlendirdiği, böylece sporcuların en zorlu rekabet ortamlarında dahi motivasyonlarını ve dikkatlerini sürdürmelerine katkı sağladığı saptanmıştır [376]. Buna ek olarak, anti-enflamatuar süreçleri destekleyerek vücuttaki yangı düzeylerini minimize eden selenyum, iyileşme sürelerini optimize etmekte ve yaralanma prevalansını düşürmeye yardımcı olmaktadır [247, 377].

Su

Su, yetişkin bir bireyin vücut ağırlığının yaklaşık %63'ünü [378], yetişkin sporcuların ise kütlelerinin %60–70'ini teşkil eden, organizmadaki en bol moleküldür [379]. Hassas bir düzenleme ile kontrol edilen toplam su hacminin yaklaşık %30–35'i hücre içi, %20–25'i doku sıvısı ve %5'i plazma bölmelerinde dağılım göstermektedir. Bu sıvı sindirim sistemi ve mesane gibi farklı anatomik alanlarda da depolanmaktadır [378, 380, 381].

Doku sıvısı hem istirahat hem de fiziksel aktivite esnasında çok sayıda hayati süreçte görev alırken, hücrel sıvı hacmi ise hücre fonksiyonlarının idamesi ve hidrasyon statüsünün değerlendirilmesinde belirleyici bir parametre olarak kabul edilmektedir [382]. Egzersiz ya da sıcaklık etkisiyle meydana gelen su kayıplarının tahmin edilmesinde vücut kütleindeki değişimlerden yararlanılmaktadır. Bu süreçte sıvı-besin alımı ile boşaltım yoluyla gerçekleşen atılımlar denkleme dahil edilmektedir [383]. Vücut ağırlığındaki dalgalanmaların tamamen su değişiminden kaynaklandığı varsayıldığında, 1 gramlık kütle farkı 1 mililitre su kaybına eşdeğer görülerek hesaplamalar yapılmaktadır [378, 383].

Sporcular için en temel besinsel destek unsuru sudur. Fiziksel yüklenme esnasında dehidrasyonun kısıtlanması, sportif performans kapasitesinin korunmasında en verimli yaklaşımlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, aktivite öncesi evrede yeterli miktarda sıvı alımı kuvvetle önerilmektedir [384]. Hidrasyon dengesinin yeniden tesisi için sporcuların, egzersiz süreci ve sonrasında kaybedilen her birim kütle karşılığında üç bardak su tüketmesi öngörülmektedir. Suyun metabolik homeostazın sürdürülmesindeki kritik işlevine dikkat çeken çalışmalar, yetersiz sıvı tüketiminin veya düşük ölçekli su kayıplarının bireyleri kronik hastalık risklerine karşı daha savunmasız bıraktığını ortaya koymuştur [22, 385].

Vücut kütlelerinin yaklaşık %50-70'ini oluşturan ve hücre içi %65-67 ile hücre dışı %33-35 bölümlerinde dağılım gösteren su, organizmanın içsel dengesinin korunması ve temel fizyolojik süreçlerin devamı için önemli bir rol oynamaktadır [195, 386, 387]. Sporcuların performans kapasitelerini uyarılma ve yenilenme süreçlerini etkin yönetmeleri adına, fiziksel aktivite öncesi, sırası ve sonrasındaki besinsel zamanlama ile sıvı düzenleme stratejilerini doğru kavramaları önemlidir [6, 9].

Egzersiz esnasında ısı düzenlemesini sağlamak amacıyla aktif olan terleme mekanizması, bireysel özelliklere, aktivite yoğunluğuna ve çevresel koşullara bağlı olarak saatte 0,5 ila 4 litre arasında değişkenlik gösteren bir sıvı kaybına yol açabilir [131, 293, 379, 388, 389]. Vücut ağırlığının %2'sini aşan sıvı kayıpları kardiyovasküler sistem üzerinde aşırı yük oluşturmakta, fiziksel kapasiteyi sınırlamakta ve merkezi vücut sıcaklığının 40 °C'nin üzerine çıkmasıyla glikojen metabolizmasının verimliliğini bozarak erken yorgunluğa sebebiyet vermektedir [5, 195, 384, 390, 391].

Aktivite sonrasında yetersiz sıvı alımının, yeterli karbonhidrat tüketilse bile glikojen yeniden sentezlenmesini baskıladığı ve ardışık günlerdeki performans çıktılarını olumsuz etkilediği saptanmıştır [195]. Bu konuda mevcut bilimsel fikir birliği egzersize ideal sıvı mevcudiyeti durumunda başlanmasını, aktivite süresince her 10-20 dakikada bir 200-300 ml sıvı tüketilerek kütle kaybının %2'nin altında tutulmasını ve egzersiz sonrası kayıpların alkalın mineralli sular veya elektrolit içerikli içeceklerle telafi edilmesini önermektedir [392-395].

Özellikle yüksek yoğunluklu (> %70 VO₂max) veya uzun süreli (>1 saat) faaliyetlerde, sadece su tüketiminin plazma sodyum seviyelerini <135 mmol/L düzeyine düşürerek yaşamı tehdit eden sodyum eksikliği riskini artırabileceği, bu nedenle su, sodyum ve

glikoz içeren spor içeceklerinin aralıklarla yudumlanmasının hem kan hacmi hem de glisemi kontrolü açısından öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır [5, 387, 396–398]. Ayrıca, antrenman zamanlarında alkol tüketiminden kaçınılması, diüretik etkilerin tetikleyeceği ek sıvı kayıplarının önlenmesi bakımından gereklidir [5, 399].

Hidrasyon

Metabolizma, sıcaklık düzenleme ve dolaşım sistemi üzerindeki önemli rolleri nedeniyle içsel denge su dengesinin korunması, hem genel sağlık hem de performansın devam etmesi açısından temel bir zorunluluktur [378, 400]. Egzersiz sırasında terleme, solunum ve böbrek yoluyla gerçekleşen sıvı kaybı süreci vücut su içeriğinin normal seviyenin altına inmesiyle sonuçlanarak plazma hacminde azalmaya ve kardiyovasküler işlevlerin bozulmasına yol açmaktadır [378, 380, 382, 401–403]. Vücut kütlelerinde %2 ve üzerindeki kayıpların, özellikle sıcak ortamlarda ısı düzenleme kapasitesini kısıtladığı, glikojen kullanımını artırarak erken yorgunluğu tetiklediği ve ısı bitkinliği gibi önemli riskleri harekete geçirdiği saptanmıştır [172, 379, 384, 392, 404–408].

Bu bağlamda, performans ve sağlığın uygunluğu için antrenmanlara normal hidrasyon durumunda başlanması, aktivite süresince her 10-20 dakikada bir 200-300 ml sıvı tüketilerek net kütle kaybının %2'nin altında tutulması önerilmektedir [395, 409]. Egzersiz sonrası toparlanma evresinde ise kaybedilen hacmin yaklaşık 1,5 katı kadar sıvı alımı hedeflenmeli kaybedilen sıvıyı artırmak amacıyla sodyum (40-100 mmol/L) ve karbonhidrat (%10-12) içeren içecekler tercih edilmelidir [410, 411]. Söz konusu bileşenlerin kullanımı, mide boşalmasını düzenleyerek sıvı tutulumunu üst seviyeye çıkarmakta ve tükenen glikojen depolarının yenilenmesine katkı sağlayarak ardışık antrenman seansları için fizyolojik hazırlığı desteklemektedir [195, 387, 412–415].

Dehidrasyon

Egzersize bağlı sıvı azalması sporcuların fiziksel aktivite esnasında kaybettikleri sıvı miktarını tam olarak yerine koyamamaları sonucunda gelişen ve akut vücut ağırlığı kaybı ile karakterize edilen bir süreçtir [410, 416]. Fizyolojik bir süreç olan sıvı azalması durumu vücudun ısı düzenleme kapasitesini kısıtlamakta, kardiyovasküler baskıyı artırmakta ve metabolik fonksiyonlarda bozulmalara yol açarak susuzluk, yorgunluk ve zihinsel tükenmişlik hissini tetiklemektedir [386, 416]. Vücut kütlelerindeki eksilme

%3–4 düzeyine ulaştığında, kas kuvvetinin %2, kas gücünün %3 ve yüksek yoğunluklu dayanıklılık kapasitesinin %10 oranında aksattığı saptanmıştır [172, 408]. Ayrıca dehidrasyonun çekirdek sıcaklığını yükselterek kas glikojenolizini hızlandırdığı ve toplam karbonhidrat oksidasyonunu artırarak enerji depolarının erken tükenmesine zemin hazırladığı bildirilmektedir [195, 417].

Branşlar arası farklılıklar gösteren terleme oranları, çevresel koşullar ve egzersiz şiddetine bağlı olarak saatte 0,5 ila 3,7 litre gibi uç seviyelere ulaşabilmektedir. Amerikan futbolu, tenis veya ultra-dayanıklılık sporlarında vücut kütesinin %11-12'sine varan devasa sıvı kayıpları kaydedilmektedir [395, 405, 408, 418]. Hidrasyon statüsünün takibi amacıyla dijital tartı ile yapılan ağırlık ölçümlerinin yanı sıra idrar rengi ve susuzluk hissinin eş zamanlı değerlendirilmesi, dehidrasyon olasılığının teşhisi için güvenilir işaretler olabilir [408, 409]. Performans düşüşlerini en aza indirmek için vücut ağırlığı kaybının %2 sınırının altında tutulması hedeflenmeli, sıvıyı tekrar yerine koyma sürecinde ise sodyum konsantrasyonu en az 40 mmol/L olan karbonhidrat-elektrolit çözeltilerinin periyodik olarak yudumlanması, hem glikojen tekrar sentezlenmesi hem de elektrolit dengesinin yeniden sağlanması açısından önemli bir zorunluluk olarak değerlendirilmektedir [387, 409, 411, 419, 420].

Rehidrasyon

Antrenman seansları ve müsabakalar arasındaki kısıtlı toparlanma sürelerinde, organizmanın fizyolojik ve çevresel stresörlere yeniden maruz kalmasından evvel süratli ve yeterli sıvı takviyesinin gerçekteştirilmesi hayati bir öneme sahiptir. Rehidrasyon süreci vücut sıvılarının yeniden takviye edilmesi için gerekli olan sıvı tutulum işleviyle doğrudan ilişkilidir. Bu süreçlerin etkinliği, belirli bir hacmin tüketilmesini takiben tanımlanmış bir iyileşme evresi sonrasında vücutta tutulan sıvı yüzdesiyle ölçülmektedir. Egzersiz sonrası yeniden tesisi ve böbreklerde gerçekteşen zorunlu sıvı kayıplarının doldurulması amacıyla, izleyen fiziksel aktivite öncesinde kaybedilen toplam hacmin %125 ila %150'si oranında sıvı alımı önerilmektedir [392, 411, 421–423].

Literatürde tanımlanan standart iyileşme zamanları genellikle 4-6 saatlik bir zaman dilimini kapsasa da, sporcuların sıklıkla bu süreden daha kısa aralıklarla performans sergileme zorunluluğu ve yüksek hacimli sıvı tüketiminin yol açaabileceği sindirim sistemi rahatsızlıkları, rehidrasyon içeceklerinin niteliğini belirleyici bir unsur haline

getirmektedir [424–426]. Bu konuda sodyum (Na) ve karbonhidrat (CHO) içeren formülasyonlar içerisinde sodyum kan yoğunluğunu muhafaza ederek idrarla su atımını baskılaması ve sıvı tutulumunu en üst seviyeye çıkarmasıyla süreci destekleyen birincil sebep olarak öne çıkmaktadır [411, 419, 420, 423, 427–429].

Toparlanma

Egzersiz sonrası toparlanma periyodu, yalnızca istirahati kapsayan pasif bir süreçten ziyade, beslenme stratejilerinin kas dokularının onarımı ve glikojenlerin yenilenmesinde belirleyici rol oynadığı aktif bir aşamadır [6, 430]. Bu aşamada, tükenen enerji depolarını yenilemek için yüksek karbonhidrat alımı hayati bir öneme sahip olup, glikoz ve fruktoz içeren karışımlar veya yüksek glisemik indeksli gıdaların tercihi, kas glikojen sentez hızını tekil karbonhidrat kaynaklarına kıyasla daha etkili şekilde en üst seviyeye çıkarmaktadır [217, 431, 432]. Karbonhidrat ile eş zamanlı tüketilen proteinler, insülin aracılı bir yanıtla glikojen düzenlenmesinin desteklemenin yanı sıra, sağladıkları esansiyel amino asitler vasıtasıyla iskelet kası hasarının onarılmasını ve kas proteini oluşumunu harekete geçirmektedir [4, 127, 130, 217]. Özellikle peynir altı suyu proteini içeren süt ürünleri ve hayvansal kaynaklı tam proteinlerin, emilim avantajları ve zengin amino asit profilleri sayesinde kas iyileşmesini hızlandırmada bitkisel alternatiflere göre daha üstün olduğu saptanmıştır [217, 433].

Buna ek olarak lipidler, alternatif bir enerji kaynağı sunmanın yanı sıra anti-inflamatuar özelliklere sahip Omega-3 yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) biyoyararlanımı aracılığıyla iyileşme sürecine eşlik etmektedir [217, 434]. Mikrobeyinlerden antioksidan etkili C ve E vitaminleri ile selenyumun oksidatif stresle mücadelede, B kompleksi, D vitamini ve çeşitli minerallerin (çinko, magnezyum, demir) ise bağışıklık sistemi bütünlüğü ve hücreyel yenilenmede gerekli fonksiyonları bulunmaktadır [435]. Tüm bu besinsel müdahalelerin egzersiz bitiminden sonraki ilk 30-60 dakikalık kritik zaman diliminde gerçekleştirilmesi ve uygun hidrasyon seviyelerinin korunması, sakatlanma riskini minimize ederek sporcunun takip eden antrenman veya müsabaka performansını uygun hale getirmektedir [131, 436]. Gerekliğinde BCAA ve beta-alanin gibi ergojenik takviyelerle desteklenen bu bütüncül yaklaşım, uyum yanıtını en üst düzeye çıkarmak için vazgeçilmezdir [217].

Sporcularda antrenman sonrası toparlanma süreçlerini optimize etmek amacıyla bir dizi sistematik besinsel müdahale önerilmektedir. Kas glikojeninin yerine konması ve doku onarım mekanizmalarının en üst seviyeye çıkarılması için egzersiz bitiminden sonraki ilk 30-60 dakikalık zaman diliminde karbonhidrat ve protein yönünden zengin içeriklerin tüketilmesi kritik bir öneme sahiptir. Toparlanma evresinin ilk dört saatinde saatlik bazda vücut ağırlığı başına 1,0-1,2 g karbonhidrat ile 10 g protein alınmasının gerekliliğini vurgularken, genel toparlanma periyodu boyunca her 3-4 saatte bir 20-30 g protein tüketilmesinin kas dokusunun yeniden inşasını desteklediği bildirilmektedir [5, 217].

Toparlanma sürecinde hidrasyonun sağlanması ve glikojen depolarının doldurulmasında kompleks karbonhidratların yanı sıra sürdürülebilir enerji kaynağı olarak sağlıklı lipidlerin diyet profiline dahil edilmesi stratejik birer unsur olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca glutamin ve arginin gibi spesifik amino asitlerin protein sentezi üzerindeki stimüle edici etkisinden, omega-3 ve antioksidanların ise iyileşme hızının artırılması noktasındaki anti-inflamatuar özelliklerinden faydalanılabileceği saptanmıştır [217]. Bununla birlikte, söz konusu stratejilerin uygulanmasında bireysel gereksinimlerin farklılığı göz önünde bulundurulmalı ve uzman bir spor beslenmecisi rehberliğinde, tekil bileşenlerden ziyade bütüncül beslenme dengesi gözetilmelidir. Ayrıca alan yazında, hızlı iyileşme mekanizmalarının kanıta dayalı temellerini güçlendirmek adına daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir [217].

Kısa mesafe koşucuları gibi 10 ile 60 saniye aralığında yüksek şiddetli efor sarf eden sporcularda, kas enerji depolarının korunması için müsabakalar arasında yeterli toparlanma periyotlarının bırakılması ve beslenme stratejilerinin gastrointestinal bütünlüğü koruyarak istenmeyen kilo artışlarını önleyecek şekilde kurgulanması gerekmektedir [437]. Müsabaka öncesi hazırlık evresinde, etkinlikten 1 ila 4 saat önce vücut ağırlığı başına 1 ila 2 gram karbonhidrat tüketimi önerilir. Yenilenme süreci kolay sindirilebilir makro besin öğeleri ve antioksidan takviyeleri ile desteklenmeli, bikarbonat veya kafein gibi ergojenik yardımcıların tamponlama etkileri ise antrenman ortamında titizlikle test edilmelidir [6, 437].

Beslenme dönemlemesinin temel işlevi yaş, cinsiyet, mevcut nütrisyonel statü ile antrenman hacmi, yoğunluğu ve zamanlaması gibi özel faktörleri dikkate alarak

organizmanın egzersiz uyumunu kolaylaştırmaktır [398]. Araştırmaların da vurgulandığı üzere, herhangi bir kestirme yöntemin bulunmadığı bu süreçte, farklı stratejik yaklaşımların bilimsel bir hiyerarşiyle birleştirilmesi, beslenme antrenmanının antrenman uyumlarını desteklemedeki etkinliğini belirleyen en kritik unsurdur [6, 398, 438].

Toparlanmada Beslenme Stratejileri

Toparlanma sürecinde beslenme stratejileri, enerji depolarının yenilenmesi ve enerji kullanılabilirliğinin korunması süreçlerinde kritik bir işlev üstlenerek, onarım süreçlerinin ve egzersize bağlı uyum tepkilerinin desteklenmesinde temel bir rol üstlenmektedir. Bu kapsamda performans seanslarında verimliliğin artırılabilmesi adına egzersiz sonrası dönemde uygulanacak optimal beslenme müdahalelerinin tanımlanması büyük önem arz etmektedir [141, 439, 440]. Antrenman bitimini takiben kısa bir zaman dilimi içerisinde yeterli miktarda karbonhidrat ve protein alımının gerçekleştirilmesi kas glikojeninin yenilenmesini hızlandırmaktadır. Ayrıca kas hasarının minimize edilerek toparlanma sürecinin ivmelenmesi için elzem olan kas protein sentezini (MPS) doğrudan desteklemektedir. Yapılan çalışmalar, egzersiz sonrasında peynir altı suyundan üretilen yüksek kaliteli protein kaynaklarının tüketilmesinin kas iyileşmesini anlamlı düzeyde geliştirebildiğini ve hipertrofiyi teşvik ettiğini vurgulamaktadır [56, 441–443].

Egzersiz sonrası protein tüketimi, kas protein sentezini (MPS) uyarması, protein yıkımını sınırlandırması ve doku onarımı ile adaptasyon süreçlerini optimize etmesi bakımından toparlanmanın temel bileşeni olarak değerlendirilmektedir [127, 444]. Yoğun antrenman veya müsabaka programlarında hızlı toparlanma gereksinimi duyulduğunda yeterli protein temini kritik bir öneme sahiptir. Araştırmalar, egzersiz takip eden süreçte aktif olan kas kütesine bağlı olarak 20–40 gram aralığındaki yüksek kaliteli protein dozlarının MPS oranlarını 3-4 saatlik bir periyotta maksimize ettiğini göstermektedir [445]. Bu bağlamda, ilk protein bazlı öğünden sonra 3-4 saatlik aralıklarla protein tüketiminin devam ettirilmesi önerilmektedirler [201, 348, 446]. Toplam protein miktarının zamanlama faktöründen daha öncelikli bir rol oynadığı saptanmıştır [447]. Günlük gereksinimler kapsamında dayanıklılık sporcularına 1,2–1,8 g/kg kuvvet odaklı sporculara ise 1,7–2,2 g/kg protein alımı tavsiye edilmektedir [448, 449]. Uygulamada protein alımının gün içerisindeki öğünlere dağıtılması rasyonel bir yaklaşım olarak kabul edilirken gece boyunca devam eden açlık süresince

MPS oranlarını sürdürmek ve kas protein yıkımını asgari düzeye indirmek amacıyla uyku öncesinde 40 gram protein tüketilmesi önerilmektedir [440, 450].

Egzersiz öncesinde diyetle dahil edilen vitamin, mineral ve fitobesinler gibi mikrobeyin bileşenlerinin, egzersiz kaynaklı kas hasarını ve reaktif oksijen ile azot türlerini hafifleterek kasların kasılma fonksiyonlarını iyileştirdiği, bu vesileyle toparlanma süreci ile müteakip sportif performansı etkileme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Kas hasarının azaltılmasında ekşi kiraz, pancar, nar, yaban mersini, karpuz, üzüm ve kara kuş üzümü gibi meyve ekstralarının yanı sıra E vitamini, kurkumin (zerdeçal), kakao ve D vitamini kullanımının etkili olabileceği en güçlü bilimsel kanıtların ise özellikle kiraz, pancar, nar ve D vitamini üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Hem antrenmanlı hem de antrenmansız popülasyonlarda gözlemlenen bu faydaların temelinde antioksidan mekanizmaların yattığı düşünölmekle birlikte, mevcut literatürün daha çok kas hasarı ve enflamasyon belirteçlerine odaklandığı, performans artışının ise hasardaki azalmaya rağmen her zaman istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede gerçekleşmediği vurgulanmaktadır [451–454].

Egzersiz sonrası glikojen depolarının yeniden dolması özellikle 24 saatlik süre zarfında tekrarlanan performans gereklilikleri söz konusu olduğunda toparlanma sürecinin en kritik unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir [455]. Bu yeniden dolma hızı, tüketilen karbonhidratın türü ve alım zamanlamasıyla doğrudan ilişkilidir. Ayrıca egzersizi takip eden ilk iki saatlik dilimde kas glikojeninin insülden bağımsız olarak yenilenmeye belirgin bir yatkınlık gösterdiği gözlemlenmektedir. Güncel rehberler, egzersiz sonrası ilk dört saatlik periyotta vücut ağırlığı başına saatlik 1–1,2 g düzeyinde karbonhidrat alımını tavsiye ederken [4], bu alımın iki saatlik bir gecikmeyle başlatılmasının glikojen konsantrasyonlarını düşürerek takip eden performans çıktılarını olumsuz etkileyebileceği vurgulanmaktadır [456]. Kas glikojen depolarının tam doygunluğa ulaşması genellikle 24-36 saatlik bir süreçte ve günlük 7–12 g/kg karbonhidrat tüketimiyle mümkün olurken, karaciğer glikojen tekrar sentez edilmesi daha yavaş ilerlediği ve doygunluğun 11-25 saat aralığında gerçekleştiği bildirilmektedir [205, 457]. Karbonhidrat tipi açısından yapılan incelemeler, glikoz bazlı kaynakların kısa süreli toparlanma periyotlarında 8 saat galaktoz içeren karışımlara kıyasla 1,3 ile 1,6 kat daha yüksek bir sentez oranı sağladığını ortaya koymuştur [458].

Bununla birlikte, glikoz ve fruktozun kombine kullanımını dayanıklılık kapasitesini artırmada etkili bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca maltodekstrin ve fruktozun 1.5:1 oranında karıştırılmasının, dayanıklılık koşu performansını sadece glikoz içeren kombinasyonlara göre yaklaşık %33 oranında geliştirebildiği saptanmıştır [459, 460]. Özellikle enerji talebinin yükseldiği maç günlerinde karbonhidrat gereksinimlerinin antrenman günlerine kıyasla artmaktadır. Ardışık müsabaka takvimlerinde progresif glikojen tükenmesine bağlı performans kayıplarını engellemek adına agresif beslenme stratejilerinin uygulanması hayati önem taşımaktadır [232, 440].

Toparlanmada Sıvı Alımı Stratejileri

Egzersiz sonrası toparlanma sürecinde rehidrasyon (sıvı azalması) stratejileri, hem fizyolojik sağlığın korunması hem de sportif performansın sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir [461]. Özellikle termal stresin yüksek olduğu ortamlarda gerçekleştirilen yoğun fiziksel aktiviteler, saatte 2 litreyi aşabilen terleme oranlarına bağlı olarak ciddi sıvı ve elektrolit kayıplarını beraberinde getirir. Bu durum ise glikojen ve kas proteini sentezi gibi temel onarım süreçlerini sekteye uğratabilir [462]. Bu anlamda, egzersiz öncesinde vücut ağırlığı başına 5–7 mL sıvı alımıyla başlayan hidrasyon yönetimi, egzersiz sonrasında su ve elektrolit dengesinin yeniden sağlanmasıyla devam etmelidir [195]. Müteakip performans seansları arasında kısıtlı zamanın bulunduğu veya vücut kütlelerinin %5'inden fazlasının kaybedildiği şiddetli sıvı azalması vakalarında kaybedilen vücut ağırlığının %125–150'sine tekabül eden miktarda sıvı tüketilmesi önerilmektedir. Rehidrasyon çözeltileri ve spor içecekleri, içerdikleri karbonhidrat ve elektrolitler vasıtasıyla sıvı tutulumunu artırır. Tek başına su tüketiminin, sıvı düzenleyici besin bileşenlerinden yoksun olması nedeniyle düşük bir hidrasyon indeksine sahip olduğu ve bir sonraki egzersiz kapasitesini arttırmada yetersiz kalabileceği vurgulanmaktadır [440, 463, 464].

Vücut Ağırlığı Yönetimi

Vücut Ağırlığı Kontrolü

Ağırlık sınıflarına ayrılmış veya "kilo hassasiyeti" yüksek olan branşlarda faaliyet gösteren sporcular, performans çıktılarını en üst seviyeye çıkarmak amacıyla antrenman ve beslenme stratejilerini belirli kütle aralıklarına göre titizlikle ayarlamaktadır [66, 465–467]. Rekabetçi başarı için hedeflenen "ideal" vücut kompozisyonu branşın gerekliliklerine ve sporcunun sahadaki pozisyonuna göre

değişkenlik göstermekle birlikte, temel olarak güç-kütle oranının artırılması, biyomekanik verimliliğin geliştirilmesi ve spor branşına özgü estetik standartlara ulaşılması hedeflenmektedir [467–472]. Özellikle güce dayalı veya aralıklı sporlarda yüksek iskelet kası kütesinin korunması performans avantajı sağlarken [121], düşük yağ kütesi beklentisiyle yapılan kontrolsüz kalori ve karbonhidrat kısıtlamaları, yüksek antrenman hacimleriyle birleştiğinde enerji açığını derinleştirmektedir [14, 21].

Literatürde, özellikle dayanıklılık branşlarında daha belirgin olan bu düşük enerji bulunma durumunun, sporda relatif enerji eksikliği tablosuna sebep olduğu vurgulanmaktadır [473]. Söz konusu süreçlerin beden memnuniyetsizliği, düzensiz yeme davranışları ve klinik yeme bozuklukları ile ilişkili olduğu, genç sporcular özelinde ise kötü beslenme, hormonal düzensizlikler ve büyüme aksamaları gibi ciddi psikofizyolojik riskleri beraberinde getirdiği saptanmıştır [467, 474–478]. Bu nedenle beslenme, performans ve vücut bileşimi arasındaki bu karmaşık etkileşimin yönetilmesinde güvenli ve kanıta dayalı değerlendirmeler kritik bir gerekliliktir [467].

Kilo Kaybı

Kürek çekme, halter ve çeşitli dövüş branşları (boks, güreş, judo vb.) gibi siklet sporlarında, müsabaka öncesi "ağırlık tutturma" amacıyla oruç, sıvı kısıtlaması, egzersiz veya sauna yoluyla terleme, glikojen depolarını boşaltarak su tutulumunu minimize etmek için düşük karbonhidratlı diyetler ve idrar söktürücü ilaç kullanımı gibi agresif yöntemlere sıklıkla başvurulmaktadır [408, 479–482]. Su, yağ ve yağsız doku kaybıyla sonuçlanan bu akut kilo verme stratejileri, organizmada su yetersizliği, idrar dansitesinde artış ve şiddetli susuzluk gibi fizyolojik stres faktörlerini tetiklemektedir [408].

Nitekim vücut kütesindeki %2 oranındaki bir azalmanın, özellikle sıcak ve nemli atmosferik koşullarda performansı ciddi ölçüde sekteye uğrattığı bilimsel literatürde saptanmıştır [384, 391, 402]. Vücut ağırlığının regülasyonu karmaşık bir süreci temsil etmekte olup, bu süreçteki sistemik risk faktörlerinin elimine edilmesi adına rasyonel bir su tüketim planlamasının yapılması elzem bir koruyucu önlem olarak değerlendirilmektedir [483].

Yeme Bozukluğu

Dayanıklılık ve siklet odaklı spor branşlarında yeme bozuklukları ve düzensiz yeme davranışlarının yaygın bir dağılım gösterdiği saptanmıştır [93, 484]. Bu tür patolojik beslenme alışkanlıkları kadın sporcularda daha baskın görülse de, siklet sporlarıyla ilgilenen erkek sporcuların %29'a varan bir bölümünün, bozulan beden imajı algısı ve memnuniyetsizliğiyle ilişkili yeme bozukluğu eğilimleri sergilediği bildirilmiştir [93, 484].

Literatür, yüksek egzersiz bağımlılığı skorlarına sahip erkek sporcuların daha derin bir negatif enerji dengesi ve artmış kortizol seviyeleri sergilediğini bu durumun organizmanın yıkım sürecine girdiğine işaret ettiğini vurgulamaktadır [93]. Söz konusu fizyolojik tablo kan glikoz düzeylerindeki düşüş, azalan testosteron:kortizol oranı ve yükselen kortizol:insülin oranı ile daha belirgin bir hal alarak protein yıkımının gerçekleştiğini kanıtlamaktadır [93, 485]. Bu bulgular, yetersiz enerji alımının genel sağlık statüsü, vücut kompozisyonu ve sportif performans çıktıları üzerinde oluşturabileceği yıkıcı etkileri bir kez daha göz önüne sermektedir [93].

Sonuç

Güncel literatür, her sporcunun kendine özgü fizyolojik gereksinimlerini ve performans amaçlarını temel alan kişiselleştirilmiş beslenme yaklaşımlarının önemini vurgulamaktadır [6]. Performansın optimizasyonu için gerekli görülen bu bireyselleştirilmiş planlarda karbonhidrat, protein ve yağların rasyonel kullanımı, enerji sürekliliğinin sağlanması ve kas yenilenmesi noktasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle besin zamanlaması çerçevesinde, antrenman öncesinde yeterli glikojen deposunun sağlanması ve egzersiz sonrasında protein ile karbonhidrat kombinasyonunun tercih edilmesi, kas dokusunun yeniden sentezini ve yorgunluktan toparlanma sürecini en üst seviyeye çıkaran önemli unsurlar olarak tanımlanmaktadır.

Genetik ve metabolomik analiz sahalarındaki teknolojik ilerlemeler, beslenme müdahalelerinin her sporcunun metabolik yapısına göre hassas bir şekilde uyarlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu durum sadece sportif kapasiteyi artırmakla kalmayıp, aynı zamanda antrenman kaynaklı sakatlıkların önlenmesi ve yorgunluğun etkin yönetimi açısından da stratejik bir değer taşımaktadır. Halter branşı gibi özel disiplinlerde uygulanabilirliği öne çıkarılan bu bütüncül yaklaşımların etkinliğini güçlendirmek ve bireysel fizyolojik farklılığın etkilerini daha net tanımlamak adına,

spor bilimleri alanında daha kapsamlı araştırmaların yürütülmesi bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir [56].

Kaynaklar

References

1. Khanna SK. Cultural Influences on Food: Dietary and Health Implications. *Ecol Food Nutr.* 2021;60:633–5. doi:10.1080/03670244.2021.1999153.
2. Sriram KV., Namitha KP., Kamath GB. Social media advertisements and their influence on consumer purchase intention. *Cogent Business & Management* 2021. doi:10.1080/23311975.2021.2000697.
3. Chen P-J, Antonelli M. Conceptual Models of Food Choice: Influential Factors Related to Foods, Individual Differences, and Society. *Foods* 2020. doi:10.3390/foods9121898.
4. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics.* 2016;116:501–28. doi:10.1016/j.jand.2015.12.006.
5. Benardot D. Nutritional Concerns for the Artistic Athlete. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2021;32:51–64. doi:10.1016/j.pmr.2020.09.008.
6. Martín-Rodríguez A, Belinchón-deMiguel P, Rubio-Zarapuz A, Tornero-Aguilera JF, Martínez-Guardado I, Villanueva-Tobaldo CV, Clemente-Suárez VJ. Advances in Understanding the Interplay between Dietary Practices, Body Composition, and Sports Performance in Athletes. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16040571.
7. Wiewelhove T, Döweling A, Schneider C, Hottenrott L, Meyer T, Kellmann M, et al. A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Front Physiol.* 2019;10:376. doi:10.3389/fphys.2019.00376.
8. Sygo J, Kendig Glass A, Killer SC, Stellingwerff T. Fueling for the Field: Nutrition for Jumps, Throws, and Combined Events. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29:95–105. doi:10.1123/ijsnem.2018-0272.
9. Smith JW, Holmes ME, McAllister MJ. Nutritional Considerations for Performance in Young Athletes. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* 2015;2015:734649. doi:10.1155/2015/734649.
10. Jimenez-Morcillo J, Clemente-Suárez VJ. Gender Differences in Body Satisfaction Perception: The Role of Nutritional Habits, Psychological Traits, and Physical Activity in a Strength-Training Population. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu16010104.
11. Vicelli C, Ewald CY. The non-modifiable factors age, gender, and genetics influence resistance exercise. *Front Aging.* 2022;3:1005848. doi:10.3389/fragi.2022.1005848.
12. Freire R. Scientific evidence of diets for weight loss: Different macronutrient composition, intermittent fasting, and popular diets. *Nutrition.* 2020;69:110549. doi:10.1016/j.nut.2019.07.001.
13. Everett S. Optimizing Performance Nutrition for Adolescent Athletes: A Review of Dietary Needs, Risks, and Practical Strategies. *Nutrients* 2025. doi:10.3390/nu17172792.
14. Palazzo R, Parisi T, Rosa S, Corsi M, Falconi E, Stefani L. Energy Availability and Body Composition in Professional Athletes: Two Sides of the Same Coin. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16203507.
15. Malsagova KA, Kopylov AT, Sinitsyna AA, Stepanov AA, Izotov AA, Butkova TV, et al. Sports Nutrition: Diets, Selection Factors, Recommendations. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13113771.
16. Larson-Meyer DE, Woolf K, Burke L. Assessment of Nutrient Status in Athletes and the Need for Supplementation. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28:139–58. doi:10.1123/ijsnem.2017-0338.
17. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balagué G, Farrow D. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;13:538–61. doi:10.1123/ijsp.2018-0093.
18. Danielik K, Książek A, Zagrodna A, Słowińska-Lisowska M. How Do Male Football Players Meet Dietary Recommendations? A Systematic Literature Review. *Int J Environ Res Public Health* 2022. doi:10.3390/ijerph19159561.
19. Alghannam AF, Ghaith MM, Alhussain MH. Regulation of Energy Substrate Metabolism in Endurance Exercise. *Int J Environ Res Public Health* 2021. doi:10.3390/ijerph18094963.

20. Bentley MRN, Mitchell N, Backhouse SH. Sports nutrition interventions: A systematic review of behavioural strategies used to promote dietary behaviour change in athletes. *Appetite*. 2020;150:104645. doi:10.1016/j.appet.2020.104645.
21. Shoemaker ME, Dicks ND, Northrup MJ, Daughters SW, Krings TN, Barry AM. Evaluation of Nutrition and Performance Parameters in Division 1 Collegiate Athletes. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16121896.
22. Cui P, Li M, Yu M, Liu Y, Ding Y, Liu W, Liu J. Advances in sports food: Sports nutrition, food manufacture, opportunities and challenges. *Food Res Int*. 2022;157:1–14. doi:10.1016/j.foodres.2022.111258.
23. Capra ME, Stanyevic B, Giudice A, Monopoli D, Decarolis NM, Esposito S, Biasucci G. Nutrition for Children and Adolescents Who Practice Sport: A Narrative Review. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16162803.
24. Folkvord F, Roes E, Bevelander K. Promoting healthy foods in the new digital era on Instagram: an experimental study on the effect of a popular real versus fictitious fit influencer on brand attitude and purchase intentions. *BMC Public Health*. 2020;20:1677. doi:10.1186/s12889-020-09779-y.
25. Mingay E, Hart M, Yoong S, Hure A. Why We Eat the Way We Do: A Call to Consider Food Culture in Public Health Initiatives. *Int J Environ Res Public Health* 2021. doi:10.3390/ijerph182211967.
26. Reyes LI, Constantinides SV, Bhandari S, Frongillo EA, Schreinemachers P, Wertheim-Heck S, et al. Actions in global nutrition initiatives to promote sustainable healthy diets. *Global Food Security*. 2021;31:100585. doi:10.1016/j.gfs.2021.100585.
27. Rozmiarek M. The Role of Nutrition in Maintaining the Health and Physical Condition of Sports Volunteers. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16193336.
28. Kiss A, Temesi Á, Tompa O, Lakner Z, Soós S. Structure and trends of international sport nutrition research between 2000 and 2018: bibliometric mapping of sport nutrition science. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18:12. doi:10.1186/s12970-021-00409-5.
29. Bonilla DA, Boullosa D, Del Coso J. Advances in Nutrition, Dietary Supplements and Ergogenic Aids for Athletic Performance: Trends and Future Prospects. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15102246.
30. Tam R, Gifford JA, Beck KL. Recent Developments in the Assessment of Nutrition Knowledge in Athletes. *Curr Nutr Rep*. 2022;11:241–52. doi:10.1007/s13668-022-00397-1.
31. Janiczak A, Devlin BL, Forsyth A, Trakman GL. A systematic review update of athletes' nutrition knowledge and association with dietary intake. *Br J Nutr*. 2022;128:1156–69. doi:10.1017/S0007114521004311.
32. Vitale K, Getzin A. Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11061289.
33. Lee K-L, Sung J-Y. Impact of sports nutrition education on awareness and knowledge among physical education majors and workers. *J Int Soc Sports Nutr*. 2025;22:1–14. doi:10.1080/15502783.2025.2498485.
34. Bassaganya-Riera J, Berry EM, Blaak EE, Burlingame B, Le Coutre J, van Eden W, et al. Goals in Nutrition Science 2020-2025. *Front Nutr*. 2020;7:606378. doi:10.3389/fnut.2020.606378.
35. Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci*. 2011;29 Suppl 1:S67-77. doi:10.1080/02640414.2011.574722.
36. Ginevičienė V, Utkus A, Pranckevičienė E, Semenova EA, Hall ECR, Ahmetov II. Perspectives in Sports Genomics. *Biomedicines* 2022. doi:10.3390/biomedicines10020298.
37. Mathers JC. Nutrigenomics in the modern era. *Proc Nutr Soc*. 2017;76:265–75. doi:10.1017/S002966511600080X.
38. Jagim AR, Fields JB, Magee M, Kerksick C, Luedke J, Erickson J, Jones MT. The Influence of Sport Nutrition Knowledge on Body Composition and Perceptions of Dietary Requirements in Collegiate Athletes. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13072239.

39. Janiczak A, Alcock R, Forsyth A, Trakman GL. A systematic review of interventions targeting modifiable factors that impact dietary intake in athletes. *Br J Nutr.* 2024;131:229–47. doi:10.1017/S0007114523001769.
40. Jayawardena R, Weerasinghe K, Nanayakkara I, Madhujith T, Hills AP, Kalupahana NS. The effects of a nutritional intervention on the sports nutrition knowledge and nutritional status of track and field athletes: protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2025;26:61. doi:10.1186/s13063-024-08683-9.
41. Kali VR, Meda SS. Functional nutrition for the health of exercising individuals and elite sportspersons. *Nutr Health.* 2024;30:49–59. doi:10.1177/02601060231191865.
42. Sims ST, Kerksick CM, Smith-Ryan AE, Janse de Jonge XAK, Hirsch KR, Arent SM, et al. International society of sports nutrition position stand: nutritional concerns of the female athlete. *J Int Soc Sports Nutr.* 2023;20:2204066. doi:10.1080/15502783.2023.2204066.
43. Stellingwerff T, Morton JP, Burke LM. A Framework for Periodized Nutrition for Athletics. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29:141–51. doi:10.1123/ijsem.2018-0305.
44. Beck KL, Hurst PR von, O'Brien WJ, Badenhorst CE. Micronutrients and athletic performance: A review. *Food Chem Toxicol.* 2021;158:1–12. doi:10.1016/j.fct.2021.112618.
45. O'Brien L, Collins K, Amirabdollahian F. Exploring Sports Nutrition Knowledge in Elite Gaelic Footballers. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13041081.
46. Birkenhead KL, Slater G. A Review of Factors Influencing Athletes' Food Choices. *Sports Med.* 2015;45:1511–22. doi:10.1007/s40279-015-0372-1.
47. Nor Azizam NS, Yusof SN, Amon JJ, Ahmad A, Safii NS, Jamil NA. Sports Nutrition and Food Knowledge among Malaysian University Athletes. *Nutrients.* 2022;14:572. doi:10.3390/nu14030572.
48. Fritzen AM, Lundsgaard A-M, Kiens B. Dietary Fuels in Athletic Performance. *Annu Rev Nutr.* 2019;39:45–73. doi:10.1146/annurev-nutr-082018-124337.
49. Molina-López J, Molina JM, Chiroso LJ, Florea D, Sáez L, Jiménez J, et al. Implementation of a nutrition education program in a handball team; consequences on nutritional status. *Nutricion hospitalaria.* 2013;28:1065–76. doi:10.3305/nh.2013.28.4.6600.
50. Boidin A, Tam R, Mitchell L, Cox GR, O'Connor H. The effectiveness of nutrition education programmes on improving dietary intake in athletes: a systematic review. *Br J Nutr.* 2021;125:1359–73. doi:10.1017/S0007114520003694.
51. Spendlove JK, Heaney SE, Gifford JA, Prvan T, Denyer GS, O'Connor HT. Evaluation of general nutrition knowledge in elite Australian athletes. *British Journal of Nutrition.* 2012;107:1871–80. doi:10.1017/S0007114511005125.
52. Tam R, Beck KL, Manore MM, Gifford J, Flood VM, O'Connor H. Effectiveness of Education Interventions Designed to Improve Nutrition Knowledge in Athletes: A Systematic Review. *Sports Med.* 2019;49:1769–86. doi:10.1007/s40279-019-01157-y.
53. Gizem Köse, Cemil Tuğrulhan Şam, Orcan Mızrak, Hakan Acar, Erkut Tutkun. Nutrition and Dehydration: Players Should Learn How to Bring Them to Life: Nutrition and dehydration. *Progr Nutr.* 2021;23:e2021013-e2021013. doi:10.23751/pn.v23i1.9448.
54. Pinar Gokensel Okta, Emine Yildiz. The Validity and Reliability Study of the Turkish Version of the General and Sport Nutrition Knowledge Questionnaire (GeSNK). *Progr Nutr.* 2021;23:e2021027-e2021027. doi:10.23751/pn.v23i1.10029.
55. Vázquez-Espino K, Fernández-Tena C, Lizarraga-Dallo MA, Farran-Codina A. Development and Validation of a Short Sport Nutrition Knowledge Questionnaire for Athletes. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12113561.
56. Hwang D-J, Yang H-J. Nutritional Strategies for Enhancing Performance and Training Adaptation in Weightlifters. *Int J Mol Sci* 2024. doi:10.3390/ijms26010240.
57. Philippou E, Middleton N, Pistos C, Andreou E, Petrou M. The impact of nutrition education on nutrition knowledge and adherence to the Mediterranean Diet in adolescent competitive swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2017;20:328–32. doi:10.1016/j.jsams.2016.08.023.

58. Heaney S, O'Connor H, Michael S, Gifford J, Naughton G. Nutrition knowledge in athletes: a systematic review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21:248–61. doi:10.1123/ijsem.21.3.248.
59. Nieman DC. Multiomics Approach to Precision Sports Nutrition: Limits, Challenges, and Possibilities. *Front. Nutr.* 2021;8:796360. doi:10.3389/fnut.2021.796360.
60. Franchi M. Food choice: beyond the chemical content. *Int J Food Sci Nutr.* 2012;63 Suppl 1:17–28. doi:10.3109/09637486.2011.632403.
61. Long D, Perry C, Unruh SA, Lewis N, Stanek-Krogstrand K. Personal food systems of male collegiate football players: a grounded theory investigation. *J Athl Train.* 2011;46:688–95. doi:10.4085/1062-6050-46.6.688.
62. Anderson C, Petrie TA. Prevalence of disordered eating and pathogenic weight control behaviors among NCAA division I female collegiate gymnasts and swimmers. *Res Q Exerc Sport.* 2012;83:120–4. doi:10.1080/02701367.2012.10599833.
63. Landers GJ, Ong KB, Ackland TR, Blanksby BA, Main LC, Smith D. Kinanthropometric differences between 1997 World championship junior elite and 2011 national junior elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2013;16:444–9. doi:10.1016/j.jsams.2012.09.006.
64. Zorba E, Saygın Ö. Fiziksel aktivite ve fiziksel uygunluk. Ankara: Perspektif Matbaacılık; 2017.
65. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, Müller W. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 2012;42:227–49. doi:10.2165/11597140-000000000-00000.
66. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13051620.
67. Knechtle B, Wirth A, Baumann B, Knechtle P, Rosemann T, Oliver S. Differential correlations between anthropometry, training volume, and performance in male and female Ironman triathletes. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2785–93. doi:10.1519/JSC.ob013e3181c643b6.
68. Legaz A, Eston R. Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med.* 2005;39:851–6. doi:10.1136/bjism.2005.018960.
69. Menaspà P, Quod M, Martin DT, Peiffer JJ, Abbiss CR. Physical Demands of Sprinting in Professional Road Cycling. *Int J Sports Med.* 2015;36:1058–62. doi:10.1055/s-0035-1554697.
70. Sharp RL, Troup JP, Costill DL. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:53–6. doi:10.1249/00005768-198201000-00010.
71. Heydenreich J, Kayser B, Schutz Y, Melzer K. Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Med Open.* 2017;3:8. doi:10.1186/s40798-017-0076-1.
72. Seitz LB, Reyes A, Tran TT, Saez de Villarreal E, Haff GG. Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44:1693–702. doi:10.1007/s40279-014-0227-1.
73. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes.* 2011;2011:868305. doi:10.1155/2011/868305.
74. Zaras ND, Stasinaki A-NE, Methenitis SK, Krase AA, Karampatsos GP, Georgiadis GV, et al. Rate of Force Development, Muscle Architecture, and Performance in Young Competitive Track and Field Throwers. *J Strength Cond Res.* 2016;30:81–92. doi:10.1519/JSC.0000000000001048.
75. Milošević J, Žeželj I, Gorton M, Barjolle D. Understanding the motives for food choice in Western Balkan Countries. *Appetite.* 2012;58:205–14. doi:10.1016/j.appet.2011.09.012.
76. Lamont M, Kennelly M. I Can't do Everything! Competing Priorities as Constraints in Triathlon Event Travel Careers. *Tourism Review International.* 2010;14:85–97. doi:10.3727/154427211X13044361606333.

77. Pettersson S, Pipping Ekström M, Berg CM. The food and weight combat. A problematic fight for the elite combat sports athlete. *Appetite*. 2012;59:234–42. doi:10.1016/j.appet.2012.05.007.
78. Munekata PE, Pérez-Álvarez JÁ, Pateiro M, Viuda-Matos M, Fernández-López J, Lorenzo JM. Satiety from healthier and functional foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;113:397–410. doi:10.1016/j.tifs.2021.05.025.
79. Skotnicka M, Ocieczek A, Małgorzewicz S. Satiety value of groats in healthy women as affected by selected physicochemical parameters. *International Journal of Food Properties*. 2018;21:1138–51. doi:10.1080/10942912.2018.1485028.
80. Brooks RC, Simpson SJ, Raubenheimer D. The price of protein: combining evolutionary and economic analysis to understand excessive energy consumption. *Obes Rev*. 2010;11:887–94. doi:10.1111/j.1467-789X.2010.00733.x.
81. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:709–31. doi:10.1249/MSS.0b013e31890eb86.
82. Mai R, Hoffmann S. Taste lovers versus nutrition fact seekers: How health consciousness and self-efficacy determine the way consumers choose food products. *J of Consumer Behaviour*. 2012;11:316–28. doi:10.1002/cb.1390.
83. Vartanian LR, Wharton CM, Green EB. Appearance vs. health motives for exercise and for weight loss. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012;13:251–6. doi:10.1016/j.psychsport.2011.12.005.
84. Robins A, Hetherington MM. A comparison of pre-competition eating patterns in a group of non-elite triathletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005;15:442–57. doi:10.1123/ijsnem.15.4.442.
85. Fitzgerald A, Heary C, Nixon E, Kelly C. Factors influencing the food choices of Irish children and adolescents: a qualitative investigation. *Health Promot Int*. 2010;25:289–98. doi:10.1093/heapro/daq021.
86. Boek S, Bianco-Simeral S, Chan K, Goto K. Gender and race are significant determinants of students' food choices on a college campus. *J Nutr Educ Behav*. 2012;44:372–8. doi:10.1016/j.jneb.2011.12.007.
87. Dolan E, O'Connor H, McGoldrick A, O'Loughlin G, Lyons D, Warrington G. Nutritional, lifestyle, and weight control practices of professional jockeys. *J Sports Sci*. 2011;29:791–9. doi:10.1080/02640414.2011.560173.
88. Burke LM, King C. Ramadan fasting and the goals of sports nutrition around exercise. *J Sports Sci*. 2012;30 Suppl 1:S21-31. doi:10.1080/02640414.2012.680484.
89. Steenhuis IHM, Waterlander WE, Mul A de. Consumer food choices: the role of price and pricing strategies. *Public Health Nutr*. 2011;14:2220–6. doi:10.1017/S1368980011001637.
90. Jenner SL, Buckley GL, Belski R, Devlin BL, Forsyth AK. Dietary Intakes of Professional and Semi-Professional Team Sport Athletes Do Not Meet Sport Nutrition Recommendations-A Systematic Literature Review. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11051160.
91. Castillo M, Lozano-Casanova M, Sospedra I, Norte A, Gutiérrez-Hervás A, Martínez-Sanz JM. Energy and Macronutrients Intake in Indoor Sport Team Athletes: Systematic Review. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14224755.
92. Coapstick G-JA, Barry AM, Levesque CL, Shoemaker ME. Nutrient Intake, Performance, and Body Composition of Preseason Wrestlers. *Int J Exerc Sci*. 2024;17:517–30. doi:10.70252/DJES3022.
93. McGuire A, Warrington G, Doyle L. Low energy availability in male athletes: A systematic review of incidence, associations, and effects. *Transl Sports Med*. 2020;3:173–87. doi:10.1002/tsm2.140.
94. Ravussin E, Bogardus C. A brief overview of human energy metabolism and its relationship to essential obesity. *Am J Clin Nutr*. 1992;55:242S-245S. doi:10.1093/ajcn/55.1.242s.
95. Wasserfurth P, Palmowski J, Hahn A, Krüger K. Reasons for and Consequences of Low Energy Availability in Female and Male Athletes: Social Environment, Adaptations, and Prevention. *Sports Med Open*. 2020;6:44. doi:10.1186/s40798-020-00275-6.

96. Deutz RC, Benardot D, Martin DE, Cody MM. Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:659–68. doi:10.1097/00005768-200003000-00017.
97. Fahrenholtz IL, Sjödin A, Benardot D, Tornberg ÅB, Skouby S, Faber J, et al. Within-day energy deficiency and reproductive function in female endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28:1139–46. doi:10.1111/sms.13030.
98. Torstveit MK, Fahrenholtz I, Stenqvist TB, Sylta Ø, Melin A. Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28:419–27. doi:10.1123/ijsnem.2017-0337.
99. Cole CR, Salvaterra GF, Davis JE, Borja ME, Powell LM, Dubbs EC, Bordi PL. Evaluation of dietary practices of National Collegiate Athletic Association Division I football players. *J Strength Cond Res.* 2005;19:490–4. doi:10.1519/14313.1.
100. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DWD, Broad EM, et al. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol.* 2013;591:2319–31. doi:10.1113/jphysiol.2012.244897.
101. Benardot D. Energy Thermodynamics Revisited: Energy intake strategies for optimizing athlete body composition and performance. *Pensarmov.* 2013;11:1–14. doi:10.15517/pensarmov.v11i2.10841.
102. Benardot D. *Advanced sports nutrition.* Champaign IL: Human Kinetics; 2021.
103. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. Thermoregulatory Responses to Acute Exercise-Heat Stress and Heat Acclimation. *Comprehensive Physiology.* 1994;1994:157–85. doi:10.1002/j.2040-4603.1994.tb01155.x.
104. Berg EK. Performance Nutrition for the Adolescent Athlete: A Realistic Approach. *Clin J Sport Med.* 2019;29:345–52. doi:10.1097/JSM.0000000000000744.
105. Hannon MP, Parker LJJ, Carney DJ, McKeown J, Speakman JR, Hambly C, et al. Energy Requirements of Male Academy Soccer Players from the English Premier League. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53:200–10. doi:10.1249/MSS.0000000000002443.
106. Desbrow B. Youth Athlete Development and Nutrition. *Sports Med.* 2021;51:3–12. doi:10.1007/s40279-021-01534-6.
107. Mason L, Connolly J, Devenney LE, Lacey K, O'Donovan J, Doherty R. Sleep, Nutrition, and Injury Risk in Adolescent Athletes: A Narrative Review. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15245101.
108. Crisafulli DL, Buddhadev HH, Brilla LR, Chalmers GR, Suprak DN, San Juan JG. Creatine-electrolyte supplementation improves repeated sprint cycling performance: A double blind randomized control study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:21. doi:10.1186/s12970-018-0226-y.
109. Noakes TD. What Is the Evidence That Dietary Macronutrient Composition Influences Exercise Performance? A Narrative Review. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14040862.
110. Neglia A. Nutrition, Eating Disorders, and Behavior in Athletes. *Psychiatr Clin North Am.* 2021;44:431–41. doi:10.1016/j.psc.2021.04.009.
111. van Loon LJC. Is there a need for protein ingestion during exercise? *Sports Med.* 2014;44 Suppl 1:S105-11. doi:10.1007/s40279-014-0156-z.
112. Flores MR, Martín-Castellanos A, López-Torres O, Fernández-Elías VE, García-González J, Mon-López D. Eating Behavior Disorders and Disordered Eating Habits in Spanish High-Performance Women's Olympic Wrestling Athletes. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16050709.
113. Vardardottir B, Gudmundsdottir SL, Olafsdottir AS. Health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-s). *Laeknabladid.* 2020;106:406–13. doi:10.17992/lbl.2020.09.596.
114. López Torres O, Fernández-Elías VE. Training and Nutrition for Performance: Males, Females, and Gender Differences. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16233979.
115. Grout A, McClave SA, Jampolis MB, Krueger K, Hurt RT, Landes S, Kiraly L. Basic Principles of Sports Nutrition. *Curr Nutr Rep.* 2016;5:213–22. doi:10.1007/s13668-016-0177-3.

116. Baranauskas M, Kupčiūnaitė I, Lieponienė J, Stukas R. Association between Variation in Body Fat Mass Magnitude and Intake of Nutrients, including Carbohydrates, Fat, and B Vitamins, in a Cohort of Highly Trained Female Athletes. *Foods* 2023. doi:10.3390/foods12224152.
117. Kaspy MS, Hannaian SJ, Bell ZW, Churchward-Venne TA. The effects of branched-chain amino acids on muscle protein synthesis, muscle protein breakdown and associated molecular signalling responses in humans: an update. *Nutr Res Rev.* 2024;37:273–86. doi:10.1017/S0954422423000197.
118. Da Castanho RS. Major nutrological approaches to macronutrients in the performance and body composition of highly trained athletes: a systematic review. *IJN* 2023. doi:10.54448/ijn23226.
119. Powers SK, Goldstein E, Schragger M, Ji LL. Exercise Training and Skeletal Muscle Antioxidant Enzymes: An Update. *Antioxidants (Basel)* 2022. doi:10.3390/antiox12010039.
120. Wang L, Meng Q, Su C-H. From Food Supplements to Functional Foods: Emerging Perspectives on Post-Exercise Recovery Nutrition. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16234081.
121. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:543–68. doi:10.1249/MSS.0000000000000852.
122. Lane AR, Hackney AC, Smith-Ryan A, Kucera K, Registrar-Mihalik J, Ondrak K. Prevalence of Low Energy Availability in Competitively Trained Male Endurance Athletes. *Medicina (Kaunas)* 2019. doi:10.3390/medicina55100665.
123. Vici G, Cesanelli L, Nalocca JM, Belli L, Polzonetti V. Food Intake Evaluation in a Group of Elite Track and Field Athletes. *JCDR* 2019. doi:10.7860/JCDR/2019/40173.12975.
124. Riviere AJ, Leach R, Mann H, Robinson S, Burnett DO, Babu JR, Frugé AD. Nutrition Knowledge of Collegiate Athletes in the United States and the Impact of Sports Dietitians on Related Outcomes: A Narrative Review. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13061772.
125. Tessari P, Lante A, Mosca G. Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? *Sci Rep.* 2016;6:26074. doi:10.1038/srep26074.
126. McLain TA, Escobar KA, Kerksick CM. Protein Applications in Sports Nutrition—Part I. *Strength & Conditioning Journal.* 2015;37:61–71. doi:10.1519/SSC.000000000000128.
127. Moore DR, Camera DM, Areta JL, Hawley JA. Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme.* 2014;39:987–97. doi:10.1139/apnm-2013-0591.
128. Mamerow MM, Mettler JA, English KL, Casperson SL, Arentson-Lantz E, Sheffield-Moore M, et al. Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *J Nutr.* 2014;144:876–80. doi:10.3945/jn.113.185280.
129. Phillips SM. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr.* 2012;108 Suppl 2:S158–67. doi:10.1017/S0007114512002516.
130. McCartney D, Desbrow B, Irwin C. Post-exercise Ingestion of Carbohydrate, Protein and Water: A Systematic Review and Meta-analysis for Effects on Subsequent Athletic Performance. *Sports Med.* 2018;48:379–408. doi:10.1007/s40279-017-0800-5.
131. Davis JK, Oikawa SY, Halson S, Stephens J, O’Riordan S, Luhrs K, et al. In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review. *Sports Med.* 2022;52:971–93. doi:10.1007/s40279-021-01606-7.
132. Llorente-Cantarero F, Palomino-Fernández L, Gil-Campos M. Nutrition for the Young Athlete. *JCS.* 2018;08:e90–e98. doi:10.1055/s-0038-1669382.
133. Lowery LM. *Dietary Protein and Resistance Exercise.* Hoboken: CRC Press; 2012.
134. Antonio J, Evans C, Ferrando AA, Stout JR, Antonio B, Cinteo H, et al. Common questions and misconceptions about protein supplementation: what does the scientific evidence really show? *J Int Soc Sports Nutr.* 2024;21:2341903. doi:10.1080/15502783.2024.2341903.
135. Atherton PJ, Smith K. Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. *J Physiol.* 2012;590:1049–57. doi:10.1113/jphysiol.2011.225003.

136. Harber MP, Konopka AR, Jemiolo B, Trappe SW, Trappe TA, Reidy PT. Muscle protein synthesis and gene expression during recovery from aerobic exercise in the fasted and fed states. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010;299:R1254-62. doi:10.1152/ajpregu.00348.2010.
137. Witard OC, Hearnis M, Morgan PT. Protein Nutrition for Endurance Athletes: A Metabolic Focus on Promoting Recovery and Training Adaptation. *Sports Med.* 2025;55:1361-76. doi:10.1007/s40279-025-02203-8.
138. Kostrakiewicz-Gierałt K. Plant-Based Proteins, Peptides and Amino Acids in Food Products Dedicated for Sportspeople-A Narrative Review of the Literature. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16111706.
139. Phillips SM, van Loon LJC. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S29-38. doi:10.1080/02640414.2011.619204.
140. Hulston CJ, Wolsk E, Grøndahl TS, Yfanti C, van Hall G. Protein intake does not increase vastus lateralis muscle protein synthesis during cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1635-42. doi:10.1249/MSS.obo13e31821661ab.
141. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N, et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *Br J Sports Med.* 2018;52:687-97. doi:10.1136/bjsports-2018-099193.
142. Bellissimo MP, Licata AD, Nucci A, Thompson W, Benardot D. Relationships Between Estimated Hourly Energy Balance and Body Composition in Professional Cheerleaders. *J. of SCI. IN SPORT AND EXERCISE.* 2019;1:69-77. doi:10.1007/s42978-019-0004-9.
143. Ferrando AA, Wolfe RR, Hirsch KR, Church DD, Kviatkovsky SA, Roberts MD, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Effects of essential amino acid supplementation on exercise and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2023;20:2263409. doi:10.1080/15502783.2023.2263409.
144. Abbas M, Cori A, Cordey S, Laubscher F, Robalo Nunes T, Myall A, et al. Reconstruction of transmission chains of SARS-CoV-2 amidst multiple outbreaks in a geriatric acute-care hospital: a combined retrospective epidemiological and genomic study. *Elife* 2022. doi:10.7554/eLife.76854.
145. Dobrowolski H, Kopczyńska K, Kazimierczak R, Rembiałkowska E, Włodarek D. Organic Food in Athletes Diet-Narrative Review of Alternative Products in Sports Nutrition. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16142347.
146. Hector AJ, McGlory C, Damas F, Mazara N, Baker SK, Phillips SM. Pronounced energy restriction with elevated protein intake results in no change in proteolysis and reductions in skeletal muscle protein synthesis that are mitigated by resistance exercise. *FASEB J.* 2018;32:265-75. doi:10.1096/fj.201700158RR.
147. Aerenhouts D, van Cauwenberg J, Poortmans JR, Hauspie R, Clarys P. Influence of growth rate on nitrogen balance in adolescent sprint athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013;23:409-17. doi:10.1123/ijsnem.23.4.409.
148. Mazzulla M, Volterman KA, Packer JE, Wooding DJ, Brooks JC, Kato H, Moore DR. Whole-body net protein balance plateaus in response to increasing protein intakes during post-exercise recovery in adults and adolescents. *Nutr Metab (Lond).* 2018;15:62. doi:10.1186/s12986-018-0301-z.
149. Wu G. Dietary protein intake and human health. *Food Funct.* 2016;7:1251-65. doi:10.1039/c5fo01530h.
150. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:20. doi:10.1186/s12970-017-0177-8.
151. Ely IA, Phillips BE, Smith K, Wilkinson DJ, Piasecki M, Breen L, et al. A focus on leucine in the nutritional regulation of human skeletal muscle metabolism in ageing, exercise and unloading states. *Clinical Nutrition.* 2023;42:1849-65. doi:10.1016/j.clnu.2023.08.010.
152. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br J Sports Med.* 2018;52:376-84. doi:10.1136/bjsports-2017-097608.

153. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr.* 2000;19:513S-521S. doi:10.1080/07315724.2000.10718974.
154. Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci.* 2015;39:1–11. doi:10.1016/j.humov.2014.10.003.
155. Bartlett JD, Drust B. A framework for effective knowledge translation and performance delivery of Sport Scientists in professional sport. *Eur J Sport Sci.* 2021;21:1579–87. doi:10.1080/17461391.2020.1842511.
156. Gillen JB, Trommelen J, Wardenaar FC, Brinkmans NYJ, Versteegen JJ, Jonvik KL, et al. Dietary Protein Intake and Distribution Patterns of Well-Trained Dutch Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27:105–14. doi:10.1123/ijsnem.2016-0154.
157. Højfeldt G, Bülow J, Agergaard J, Simonsen LR, Bülow J, Schjerling P, et al. Postprandial muscle protein synthesis rate is unaffected by 20-day habituation to a high protein intake: a randomized controlled, crossover trial. *Eur J Nutr.* 2021;60:4307–19. doi:10.1007/s00394-021-02590-4.
158. Katz A. A century of exercise physiology: key concepts in regulation of glycogen metabolism in skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2022;122:1751–72. doi:10.1007/s00421-022-04935-1.
159. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S17-27. doi:10.1080/02640414.2011.585473.
160. Podlogar T, Wallis GA. New Horizons in Carbohydrate Research and Application for Endurance Athletes. *Sports Med.* 2022;52:5–23. doi:10.1007/s40279-022-01757-1.
161. Turton R, Goodwin H, Meyer C. Athletic identity, compulsive exercise and eating psychopathology in long-distance runners. *Eat Behav.* 2017;26:129–32. doi:10.1016/j.eatbeh.2017.03.001.
162. Sjödin A, Hellström F, Sehlstedt E, Svensson M, Burén J. Effects of a Ketogenic Diet on Muscle Fatigue in Healthy, Young, Normal-Weight Women: A Randomized Controlled Feeding Trial. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12040955.
163. Zajac A, Poprzecki S, Maszczyk A, Czuba M, Michalczyk M, Zydek G. The effects of a ketogenic diet on exercise metabolism and physical performance in off-road cyclists. *Nutrients.* 2014;6:2493–508. doi:10.3390/nu6072493.
164. Boyle MA, Roth SL. *Personal nutrition.* 7th ed. Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning; 2010.
165. Leckey JJ, Burke LM, Morton JP, Hawley JA. Altering fatty acid availability does not impair prolonged, continuous running to fatigue: evidence for carbohydrate dependence. *J Appl Physiol* (1985). 2016;120:107–13. doi:10.1152/jappphysiol.00855.2015.
166. Sakamoto T, Ueda S-Y, Nakahara H. Effects of Short-Term Nighttime Carbohydrate Restriction Method on Exercise Performance and Fat Metabolism. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16132138.
167. Burke LM, Maughan RJ. The Governor has a sweet tooth - mouth sensing of nutrients to enhance sports performance. *Eur J Sport Sci.* 2015;15:29–40. doi:10.1080/17461391.2014.971880.
168. Beck KL, Thomson JS, Swift RJ, Hurst PR von. Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access J Sports Med.* 2015;6:259–67. doi:10.2147/OAJSM.S33605.
169. Rustad PI, Sailer M, Cumming KT, Jeppesen PB, Kolnes KJ, Sollie O, et al. Intake of Protein Plus Carbohydrate during the First Two Hours after Exhaustive Cycling Improves Performance the following Day. *PLoS One.* 2016;11:e0153229. doi:10.1371/journal.pone.0153229.
170. Liang Y, Chen Y, Yang F, Jensen J, Gao R, Yi L, Qiu J. Effects of carbohydrate and protein supplement strategies on endurance capacity and muscle damage of endurance runners: A double blind, controlled crossover trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2022;19:1–16. doi:10.1080/15502783.2022.2131460.
171. Mancin L, Burke LM, Rollo I. Fibre: The Forgotten Carbohydrate in Sports Nutrition Recommendations. *Sports Med.* 2025;55:1067–83. doi:10.1007/s40279-024-02167-1.
172. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilborough J, Jeukendrup A, Morton JP, et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br J Sports Med.* 2021;55:416. doi:10.1136/bjsports-2019-101961.

173. Bergeron MF. Hydration in the Pediatric Athlete - How to Guide Your Patients. *Curr Sports Med Rep.* 2015;14:288–93. doi:10.1249/JSR.000000000000179.
174. Hannon MP, Close GL, Morton JP. Energy and Macronutrient Considerations for Young Athletes. *Strength & Conditioning Journal.* 2020;42:109–19. doi:10.1519/SSC.000000000000570.
175. Burke LM, Castell LM, Casa DJ, Close GL, Costa RJS, Desbrow B, et al. International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29:73–84. doi:10.1123/ijsnem.2019-0065.
176. Rothschild JA, Kilding AE, Plews DJ. What Should I Eat before Exercise? Pre-Exercise Nutrition and the Response to Endurance Exercise: Current Prospective and Future Directions. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12113473.
177. Burke LM, van Loon LJC, Hawley JA. Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122:1055–67. doi:10.1152/jappphysiol.00860.2016.
178. Atkinson FS, Foster-Powell K, Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care.* 2008;31:2281–3. doi:10.2337/dc08-1239.
179. Kaviani M, Chilibeck PD, Jochim J, Gordon J, Zello GA. The Glycemic Index of Sport Nutrition Bars Affects Performance and Metabolism During Cycling and Next-Day Recovery. *J Hum Kinet.* 2019;66:69–79. doi:10.2478/hukin-2018-0050.
180. Naderi A, Gobbi N, Ali A, Berjisian E, Hamidvand A, Forbes SC, et al. Carbohydrates and Endurance Exercise: A Narrative Review of a Food First Approach. *Nutrients.* 2023;15:1367. doi:10.3390/nu15061367.
181. Close GL, Kasper AM, Walsh NP, Maughan RJ. "Food First but Not Always Food Only": Recommendations for Using Dietary Supplements in Sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2022;32:371–86. doi:10.1123/ijsnem.2021-0335.
182. Reynolds KM, Clifford T, Mears SA, James LJ. A Food First Approach to Carbohydrate Supplementation in Endurance Exercise: A Systematic Review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2022;32:296–310. doi:10.1123/ijsnem.2021-0261.
183. Salvador AF, McKenna CF, Alamilla RA, Cloud RMT, Keeble AR, Miltko A, et al. Potato ingestion is as effective as carbohydrate gels to support prolonged cycling performance. *J Appl Physiol (1985).* 2019;127:1651–9. doi:10.1152/jappphysiol.00567.2019.
184. Mohr M, Vigh-Larsen JF, Krstrup P. Muscle Glycogen in Elite Soccer - A Perspective on the Implication for Performance, Fatigue, and Recovery. *Front. Sports Act. Living.* 2022;4:876534. doi:10.3389/fspor.2022.876534.
185. Aguinaga-Ontoso I, Guillen-Aguinaga S, Guillen-Aguinaga L, Alas-Brun R, Guillen-Grima F. Effects of Nutrition Interventions on Athletic Performance in Soccer Players: A Systematic Review. *Life (Basel)* 2023. doi:10.3390/life13061271.
186. Anderson L, Drust B, Close GL, Morton JP. Physical loading in professional soccer players: Implications for contemporary guidelines to encompass carbohydrate periodization. *J Sports Sci.* 2022;40:1000–19. doi:10.1080/02640414.2022.2044135.
187. Pueyo M, Llodio I, Cámara J, Castillo D, Granados C. Influence of Carbohydrate Intake on Different Parameters of Soccer Players' Performance: Systematic Review. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16213731.
188. Gammone MA, Riccioni G, Parrinello G, D'Orazio N. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport. *Nutrients* 2018. doi:10.3390/nu11010046.
189. Jensen R, Ørtenblad N, Stausholm M-LH, Skjaerbaek MC, Larsen DN, Hansen M, et al. Heterogeneity in subcellular muscle glycogen utilisation during exercise impacts endurance capacity in men. *J Physiol.* 2020;598:4271–92. doi:10.1113/JP280247.
190. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab.* 2020;2:817–28. doi:10.1038/s42255-020-0251-4.
191. Vigh-Larsen JF, Ørtenblad N, Spriet LL, Overgaard K, Mohr M. Muscle Glycogen Metabolism and High-Intensity Exercise Performance: A Narrative Review. *Sports Med.* 2021;51:1855–74. doi:10.1007/s40279-021-01475-0.

192. Mata F, Valenzuela PL, Gimenez J, Tur C, Ferreria D, Domínguez R, et al. Carbohydrate Availability and Physical Performance: Physiological Overview and Practical Recommendations. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11051084.
193. Mujika I, Burke LM. Nutrition in team sports. *Ann Nutr Metab.* 2010;57 Suppl 2:26–35. doi:10.1159/000322700.
194. Al-Masri L, Bartlett S. 100 questions & answers about sports nutrition and exercise. Sudbury Mass.: Jones and Bartlett Publishers; 2011.
195. López-Torres O, Rodríguez-Longobardo C, Escribano-Tabernero R, Fernández-Elías VE. Hydration, Hyperthermia, Glycogen, and Recovery: Crucial Factors in Exercise Performance-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15204442.
196. Jeukendrup A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 1:S25-33. doi:10.1007/s40279-014-0148-z.
197. Fuchs CJ, Gonzalez JT, van Loon LJC. Fructose co-ingestion to increase carbohydrate availability in athletes. *J Physiol.* 2019;597:3549–60. doi:10.1113/JP277116.
198. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:38. doi:10.1186/s12970-018-0242-y.
199. Cao W, He Y, Fu R, Chen Y, Yu J, He Z. A Review of Carbohydrate Supplementation Approaches and Strategies for Optimizing Performance in Elite Long-Distance Endurance. *Nutrients* 2025. doi:10.3390/nu17050918.
200. Metcalfe RS, Thomas M, Lamb C, Chowdhury EA. Omission of a carbohydrate-rich breakfast impairs evening endurance exercise performance despite complete dietary compensation at lunch. *Eur J Sport Sci.* 2021;21:1013–21. doi:10.1080/17461391.2020.1797890.
201. Areta JL, Hopkins WG. Skeletal Muscle Glycogen Content at Rest and During Endurance Exercise in Humans: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018;48:2091–102. doi:10.1007/s40279-018-0941-1.
202. Ramonas A, Laursen PB, Williden M, Chang W-L, Kilding AE. Carbohydrate intake before and during high intensity exercise with reduced muscle glycogen availability affects the speed of muscle reoxygenation and performance. *Eur J Appl Physiol.* 2023;123:1479–94. doi:10.1007/s00421-023-05162-y.
203. Gonzalez JT, Fuchs CJ, Smith FE, Thelwall PE, Taylor R, Stevenson EJ, et al. Ingestion of glucose or sucrose prevents liver but not muscle glycogen depletion during prolonged endurance-type exercise in trained cyclists. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism.* 2015;309:E1032-9. doi:10.1152/ajpendo.00376.2015.
204. Alghannam AF, Gonzalez JT, Betts JA. Restoration of Muscle Glycogen and Functional Capacity: Role of Post-Exercise Carbohydrate and Protein Co-Ingestion. *Nutrients* 2018. doi:10.3390/nu10020253.
205. Murray B, Rosenbloom C. Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutr Rev.* 2018;76:243–59. doi:10.1093/nutrit/nuy001.
206. Namma-Motonaga K, Kondo E, Osawa T, Shiose K, Kamei A, Taguchi M, Takahashi H. Effect of Different Carbohydrate Intakes within 24 Hours after Glycogen Depletion on Muscle Glycogen Recovery in Japanese Endurance Athletes. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14071320.
207. Liu AG, Ford NA, Hu FB, Zelman KM, Mozaffarian D, Kris-Etherton PM. A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. *Nutr J.* 2017;16:53. doi:10.1186/s12937-017-0271-4.
208. Storey A, Smith HK. Unique aspects of competitive weightlifting: performance, training and physiology. *Sports Med.* 2012;42:769–90. doi:10.1007/BF03262294.
209. Witard OC, Mettler S. The Anabolic Response to Protein Ingestion During Recovery From Exercise Has No Upper Limit in Magnitude and Duration In Vivo in Humans: A Commentary. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2024;34:322–4. doi:10.1123/ijsnem.2024-0041.
210. Calder PC. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2015;39:18S-32S. doi:10.1177/0148607115595980.

211. Saini RK, Keum Y-S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A review. *Life Sci.* 2018;203:255–67. doi:10.1016/j.lfs.2018.04.049.
212. Klein L, Lenz C, Krüger K, Lorkowski S, Kipp K, Dawczynski C. Comparative analysis of fatty acid profiles across omnivorous, flexitarians, vegetarians, and vegans: insights from the NuEva study. *Lipids Health Dis.* 2025;24:133. doi:10.1186/s12944-025-02517-6.
213. Martorell M, Pons V, Domingo JC, Capó X, Sureda A, Drobnic F, et al. Erythrocytes and Skeletal Muscle Unsaturated and Omega-6 Fatty Acids Are Positively Correlated after Caloric Restriction and Exercise. *Ann Nutr Metab.* 2018;72:126–33. doi:10.1159/000486553.
214. Hu XF, Sandhu SK, Harris WS, Chan HM. Conversion ratios of n-3 fatty acids between plasma and erythrocytes: a systematic review and meta-regression. *Br J Nutr.* 2017;117:1162–73. doi:10.1017/S0007114517001052.
215. Alves Vas FJ, Grijota Pérez FJ, Toro-Román V, Sánchez IB, Maynar Mariño M, Barrientos Vicho G. Changes in the Fatty Acid Profile in Erythrocytes in High-Level Endurance Runners during a Sports Season. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16121895.
216. Bloise AMNdLG, Simões-Alves AC, Debora Santos A, Morio B, Costa-Silva JH. Cardiometabolic impacts of saturated fatty acids: are they all comparable? *Int J Food Sci Nutr.* 2022;73:1–14. doi:10.1080/09637486.2021.1940885.
217. Ihsan F, Kozina Z, Sukendro S, Nasrulloh A, Arzhan Hidayat R, Perdana S. Nutritional Strategies for Rapid Recovery in Sport: A Literature Review. *Retos.* 2024;57:153–64. doi:10.47197/retos.v57.105622.
218. Płudowski P, Kos-Kudła B, Walczak M, Fal A, Zozulińska-Ziólkiewicz D, Sieroszewski P, et al. Guidelines for Preventing and Treating Vitamin D Deficiency: A 2023 Update in Poland. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15030695.
219. Heaton LE, Davis JK, Rawson ES, Nuccio RP, Witard OC, Stein KW, et al. Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical Overview. *Sports Med.* 2017;47:2201–18. doi:10.1007/s40279-017-0759-2.
220. Pawlak R, Parrott SJ, Raj S, Cullum-Dugan D, Lucus D. How prevalent is vitamin B(12) deficiency among vegetarians? *Nutr Rev.* 2013;71:110–7. doi:10.1111/nure.12001.
221. Saunders AV, Craig WJ, Baines SK. Zinc and vegetarian diets. *Med J Aust.* 2013;199:S17-21. doi:10.5694/mja11.11493.
222. Calder PC. Very long-chain n-3 fatty acids and human health: fact, fiction and the future. *Proc Nutr Soc.* 2018;77:52–72. doi:10.1017/S0029665117003950.
223. Ameur A, Enroth S, Johansson A, Zaboli G, Igl W, Johansson ACV, et al. Genetic adaptation of fatty-acid metabolism: a human-specific haplotype increasing the biosynthesis of long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids. *Am J Hum Genet.* 2012;90:809–20. doi:10.1016/j.ajhg.2012.03.014.
224. Fernández-Lázaro D, Arribalzaga S, Gutiérrez-Abejón E, Azarbayjani MA, Mielgo-Ayuso J, Roche E. Omega-3 Fatty Acid Supplementation on Post-Exercise Inflammation, Muscle Damage, Oxidative Response, and Sports Performance in Physically Healthy Adults-A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16132044.
225. Vannice G, Rasmussen H. Position of the academy of nutrition and dietetics: dietary fatty acids for healthy adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics.* 2014;114:136–53. doi:10.1016/j.jand.2013.11.001.
226. Heileson JL, Elliott A, Buzzard JA, Cholewinski MC, Jackson KH, Gallucci A, Funderburk LK. A Cross-Sectional Analysis of Whole Blood Long-Chain ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids and Its Relationship with Dietary Intake, Body Composition, and Measures of Strength and Power in Collegiate Athletes. *J Am Nutr Assoc.* 2023;42:94–100. doi:10.1080/07315724.2021.1995910.
227. Tipton KD. Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. *Sports Med.* 2015;45 Suppl 1:S93-104. doi:10.1007/s40279-015-0398-4.
228. Tomczyk M, Heileson JL, Babiarz M, Calder PC. Athletes Can Benefit from Increased Intake of EPA and DHA-Evaluating the Evidence. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15234925.

229. Coffey VG, Moore DR, Burd NA, Rerечich T, Stellingwerff T, Garnham AP, et al. Nutrient provision increases signalling and protein synthesis in human skeletal muscle after repeated sprints. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:1473–83. doi:10.1007/s00421-010-1768-0.
230. Breen L, Philp A, Witard OC, Jackman SR, Selby A, Smith K, et al. The influence of carbohydrate-protein co-ingestion following endurance exercise on myofibrillar and mitochondrial protein synthesis. *J Physiol.* 2011;589:4011–25. doi:10.1113/jphysiol.2011.211888.
231. Ferguson-Stegall L, McCleave EL, Ding Z, Doerner PG, Wang B, Liao Y-H, et al. Postexercise carbohydrate-protein supplementation improves subsequent exercise performance and intracellular signaling for protein synthesis. *J Strength Cond Res.* 2011;25:1210–24. doi:10.1519/JSC.obo13e318212db21.
232. Esen O, Rozwadowski K, Cepicka L, Gabrys T, Karayigit R. Practical Nutrition Strategies to Support Basketball Performance during International Short-Term Tournaments: A Narrative Review. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14224909.
233. Jäger R, Heilesen JL, Abou Sawan S, Dickerson BL, Leonard M, Kreider RB, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Long-Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *J Int Soc Sports Nutr.* 2025;22:2441775. doi:10.1080/15502783.2024.2441775.
234. Ochi E, Tsuchiya Y, Yanagimoto K. Effect of eicosapentaenoic acids-rich fish oil supplementation on motor nerve function after eccentric contractions. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:23. doi:10.1186/s12970-017-0176-9.
235. Moore DR. Maximizing Post-exercise Anabolism: The Case for Relative Protein Intakes. *Front. Nutr.* 2019;6:147. doi:10.3389/fnut.2019.00147.
236. Schuchardt JP, Beinhorn P, Hu XF, Chan HM, Roke K, Bernasconi A, et al. Omega-3 world map: 2024 update. *Prog Lipid Res.* 2024;95:101286. doi:10.1016/j.plipres.2024.101286.
237. Huang Y-H, Chiu W-C, Hsu Y-P, Lo Y-L, Wang Y-H. Effects of Omega-3 Fatty Acids on Muscle Mass, Muscle Strength and Muscle Performance among the Elderly: A Meta-Analysis. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12123739.
238. Bird JK, Troesch B, Warnke I, Calder PC. The effect of long chain omega-3 polyunsaturated fatty acids on muscle mass and function in sarcopenia: A scoping systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN.* 2021;46:73–86. doi:10.1016/j.clnesp.2021.10.011.
239. Uchida Y, Tsuji K, Ochi E. Effects of Omega-3 fatty acids supplementation and resistance training on skeletal muscle. *Clinical Nutrition ESPEN.* 2024;61:189–96. doi:10.1016/j.clnesp.2024.03.019.
240. Lembke P, Capodice J, Hebert K, Swenson T. Influence of omega-3 (n3) index on performance and wellbeing in young adults after heavy eccentric exercise. *J Sports Sci Med.* 2014;13:151–6.
241. Tsuchiya Y, Yanagimoto K, Nakazato K, Hayamizu K, Ochi E. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids-rich fish oil supplementation attenuates strength loss and limited joint range of motion after eccentric contractions: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group trial. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:1179–88. doi:10.1007/s00421-016-3373-3.
242. Çakmakçı S, Çakmakçı R. Quality and Nutritional Parameters of Food in Agri-Food Production Systems. *Foods* 2023. doi:10.3390/foods12020351.
243. Philpott JD, Donnelly C, Walshe IH, MacKinley EE, Dick J, Galloway SDR, et al. Adding Fish Oil to Whey Protein, Leucine, and Carbohydrate Over a Six-Week Supplementation Period Attenuates Muscle Soreness Following Eccentric Exercise in Competitive Soccer Players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28:26–36. doi:10.1123/ijsnem.2017-0161.
244. Peoples GE, McLennan PL, Howe PRC, Groeller H. Fish oil reduces heart rate and oxygen consumption during exercise. *J Cardiovasc Pharmacol.* 2008;52:540–7. doi:10.1097/FJC.obo13e3181911913.
245. Kawabata F, Neya M, Hamazaki K, Watanabe Y, Kobayashi S, Tsuji T. Supplementation with eicosapentaenoic acid-rich fish oil improves exercise economy and reduces perceived exertion during submaximal steady-state exercise in normal healthy untrained men. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2014;78:2081–8. doi:10.1080/09168451.2014.946392.
246. Fogelholm M, Burke L, Deakin V. Micronutrients: vitamins, minerals and antioxidants. Australia: McGraw-Hill; 2015.

247. Ghazzawi HA, Hussain MA, Raziq KM, Alsendi KK, Alaamer RO, Jaradat M, et al. Exploring the Relationship between Micronutrients and Athletic Performance: A Comprehensive Scientific Systematic Review of the Literature in Sports Medicine. *Sports (Basel)* 2023. doi:10.3390/sports11060109.
248. Srivastava NK, Mukherjee S, Mishra VN. One advantageous reflection of iron metabolism in context of normal physiology and pathological phases. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2023;58:277–94. doi:10.1016/j.clnesp.2023.10.006.
249. Volpe SL. Magnesium and the Athlete. *Curr Sports Med Rep*. 2015;14:279–83. doi:10.1249/JSR.000000000000178.
250. Scott SP, Souza MJ de, Koehler K, Murray-Kolb LE. Combined Iron Deficiency and Low Aerobic Fitness Doubly Burden Academic Performance among Women Attending University. *J Nutr*. 2017;147:104–9. doi:10.3945/jn.116.240192.
251. Hinton PS. Iron and the endurance athlete. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 2014;39:1012–8. doi:10.1139/apnm-2014-0147.
252. Coates A, Mountjoy M, Burr J. Incidence of Iron Deficiency and Iron Deficient Anemia in Elite Runners and Triathletes. *Clin J Sport Med*. 2017;27:493–8. doi:10.1097/JSM.0000000000000390.
253. Brancaccio M, Mennitti C, Cesaro A, Fimiani F, Vano M, Gargiulo B, et al. The Biological Role of Vitamins in Athletes' Muscle, Heart and Microbiota. *Int J Environ Res Public Health* 2022. doi:10.3390/ijerph19031249.
254. Peeling P, Sim M, McKay AKA. Considerations for the Consumption of Vitamin and Mineral Supplements in Athlete Populations. *Sports Med*. 2023;53:15–24. doi:10.1007/s40279-023-01875-4.
255. Zinder R, Cooley R, Vlad LG, Molnar JA. Vitamin A and Wound Healing. *Nutr Clin Pract*. 2019;34:839–49. doi:10.1002/ncp.10420.
256. Stevens SL. Fat-Soluble Vitamins. *Nurs Clin North Am*. 2021;56:33–45. doi:10.1016/j.cnur.2020.10.003.
257. Dommisch H, Kuzmanova D, Jönsson D, Grant M, Chapple I. Effect of micronutrient malnutrition on periodontal disease and periodontal therapy. *Periodontol 2000*. 2018;78:129–53. doi:10.1111/prd.12233.
258. Pavlov CS, Damulin IV, Shulpekova YO, Andreev EA. Neurological disorders in vitamin B12 deficiency. *Ter Arkh*. 2019;91:122–9. doi:10.26442/00403660.2019.04.000116.
259. Thomas-Valdés S, Tostes MdGV, Anunciação PC, da Silva BP, Sant'Ana HMP. Association between vitamin deficiency and metabolic disorders related to obesity. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57:3332–43. doi:10.1080/10408398.2015.1117413.
260. Braun H, Andrian-Werburg J von, Schänzer W, Thevis M. Nutrition Status of Young Elite Female German Football Players. *Pediatr Exerc Sci*. 2018;30:157–67. doi:10.1123/pes.2017-0072.
261. Carlsohn A. Mikronährstoffbedarfe im Sport. [Micronutrient requirement in sports and exercise]. *Bundesgesundheitsbl*. 2025;68:1264–71. doi:10.1007/s00103-025-04132-3.
262. Scudiero O, Lombardo B, Brancaccio M, Mennitti C, Cesaro A, Fimiani F, et al. Exercise, Immune System, Nutrition, Respiratory and Cardiovascular Diseases during COVID-19: A Complex Combination. *Int J Environ Res Public Health* 2021. doi:10.3390/ijerph18030904.
263. Zasada M, Budzisz E. Retinoids: active molecules influencing skin structure formation in cosmetic and dermatological treatments. *Postepy Dermatol Alergol*. 2019;36:392–7. doi:10.5114/ada.2019.87443.
264. Bytomski JR. Fueling for Performance. *Sports Health*. 2018;10:47–53. doi:10.1177/1941738117743913.
265. Renke G, Starling-Soares B, Baesso T, Petronio R, Aguiar D, Paes R. Effects of Vitamin D on Cardiovascular Risk and Oxidative Stress. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15030769.
266. Larson-Meyer DE, Willis KS. Vitamin D and athletes. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9:220–6. doi:10.1249/JSR.ob013e3181e7dd45.

267. Wyon MA, Koutedakis Y, Wolman R, Nevill AM, Allen N. The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2014;17:8–12. doi:10.1016/j.jsams.2013.03.007.
268. Tomlinson PB, Joseph C, Angioi M. Effects of vitamin D supplementation on upper and lower body muscle strength levels in healthy individuals. A systematic review with meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015;18:575–80. doi:10.1016/j.jsams.2014.07.022.
269. Moran DS, McClung JP, Kohen T, Lieberman HR. Vitamin d and physical performance. *Sports Med*. 2013;43:601–11. doi:10.1007/s40279-013-0036-y.
270. Holway FE, Spriet LL. Sport-specific nutrition: practical strategies for team sports. *J Sports Sci*. 2011;29 Suppl 1:S115–25. doi:10.1080/02640414.2011.605459.
271. Charoenngam N, Holick MF. Immunologic Effects of Vitamin D on Human Health and Disease. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12072097.
272. Pike JW, Christakos S. Biology and Mechanisms of Action of the Vitamin D Hormone. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2017;46:815–43. doi:10.1016/j.ecl.2017.07.001.
273. Caballero-García A, Córdova-Martínez A, Vicente-Salar N, Roche E, Pérez-Valdecantos D. Vitamin D, Its Role in Recovery after Muscular Damage Following Exercise. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13072336.
274. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med*. 2018;52:439–55. doi:10.1136/bjsports-2018-099027.
275. Manore MM, Patton-Lopez MM, Meng Y, Wong SS. Sport Nutrition Knowledge, Behaviors and Beliefs of High School Soccer Players. *Nutrients* 2017. doi:10.3390/nu9040350.
276. Shoemaker ME, Gillen ZM, Mckay BD, Bohannon NA, Gibson SM, Koehler K, Cramer JT. Sex-specific relationships among iron status biomarkers, athletic performance, maturity, and dietary intakes in pre-adolescent and adolescent athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16:42. doi:10.1186/s12970-019-0306-7.
277. Shoemaker ME, Salmon OF, Smith CM, Duarte-Gardea MO, Cramer JT. Influences of Vitamin D and Iron Status on Skeletal Muscle Health: A Narrative Review. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14132717.
278. Abrams GD, Feldman D, Safran MR. Effects of Vitamin D on Skeletal Muscle and Athletic Performance. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26:278–85. doi:10.5435/JAAOS-D-16-00464.
279. Lockyer S, Spiro A. Socio-economic inequalities in childhood obesity: Can community level interventions help to reduce the gap? *Nutrition Bulletin*. 2019;44:381–93. doi:10.1111/nbu.12410.
280. Dominguez LJ, Veronese N, Ragusa FS, Baio SM, Sgrò F, Russo A, et al. The Importance of Vitamin D and Magnesium in Athletes. *Nutrients* 2025. doi:10.3390/nu17101655.
281. Valtueña J, González-Gross M, Huybrechts I, Breidenassel C, Ferrari M, Mouratidou T, et al. Factors associated with vitamin D deficiency in European adolescents: the HELENA study. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2013;59:161–71. doi:10.3177/jnsv.59.161.
282. Lee GY, Han SN. The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients* 2018. doi:10.3390/nu10111614.
283. Botelho J, Machado V, Proença L, Delgado AS, Mendes JJ. Vitamin D Deficiency and Oral Health: A Comprehensive Review. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12051471.
284. Umar M, Sastry KS, Chouchane AI. Role of Vitamin D Beyond the Skeletal Function: A Review of the Molecular and Clinical Studies. *Int J Mol Sci* 2018. doi:10.3390/ijms19061618.
285. van Ballegooijen AJ, Beulens JW. The Role of Vitamin K Status in Cardiovascular Health: Evidence from Observational and Clinical Studies. *Curr Nutr Rep*. 2017;6:197–205. doi:10.1007/s13668-017-0208-8.
286. Yasin M, Butt MS, Yasmin A, Bashir S. Chemical, antioxidant and sensory profiling of vitamin K-rich dietary sources. *J Korean Soc Appl Biol Chem*. 2014;57:153–60. doi:10.1007/s13765-013-4235-x.
287. Tsugawa N, Shiraki M. Vitamin K Nutrition and Bone Health. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu12071909.

288. Chawla J, Kvarnberg D. Hydrosoluble vitamins. *Handb Clin Neurol.* 2014;120:891–914. doi:10.1016/B978-0-7020-4087-0.00059-0.
289. Mikkelsen K, Stojanovska L, Prakash M, Apostolopoulos V. The effects of vitamin B on the immune/cytokine network and their involvement in depression. *Maturitas.* 2017;96:58–71. doi:10.1016/j.maturitas.2016.11.012.
290. Quadros EV. Folate and Other B Vitamins in Brain Health and Disease. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15112525.
291. Noriega-González DC, Drobnic F, Caballero-García A, Roche E, Perez-Valdecantos D, Córdova A. Effect of Vitamin C on Tendinopathy Recovery: A Scoping Review. *Nutrients* 2022. doi:10.3390/nu14132663.
292. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients* 2017. doi:10.3390/nu9111211.
293. Barnes KA, Anderson ML, Stofan JR, Dalrymple KJ, Reimel AJ, Roberts TJ, et al. Normative data for sweating rate, sweat sodium concentration, and sweat sodium loss in athletes: An update and analysis by sport. *J Sports Sci.* 2019;37:2356–66. doi:10.1080/02640414.2019.1633159.
294. Carlsohn A, Braun H, Großhauser M, König D, Lampen A, Mosler S, et al. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE): minerals and vitamins in sports nutrition. *Dtsch Z Sportmed.* 2020;71:208–2015. doi:10.5960/dzsm.2020.454.
295. Lee N. A Review of Magnesium, Iron, and Zinc Supplementation Effects on Athletic Performance. *KAHPERD.* 2017;56:797–806. doi:10.23949/kjpe.2017.01.56.1.59.
296. Alaunyte I, Stojceska V, Plunkett A. Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12:38. doi:10.1186/s12970-015-0099-2.
297. DellaValle DM. Iron supplementation for female athletes: effects on iron status and performance outcomes. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12:234–9. doi:10.1249/JSR.ob013e31829a6f6b.
298. Zourdos MC, Sanchez-Gonzalez MA, Mahoney SE. A brief review: the implications of iron supplementation for marathon runners on health and performance. *J Strength Cond Res.* 2015;29:559–65. doi:10.1519/JSC.0000000000000636.
299. Buck CL, Wallman KE, Dawson B, Guelfi KJ. Sodium phosphate as an ergogenic aid. *Sports Med.* 2013;43:425–35. doi:10.1007/s40279-013-0042-0.
300. Beard JL. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. *J Nutr.* 2001;131:568S-579S; discussion 580S. doi:10.1093/jn/131.2.568S.
301. Hannon MP, Flueck JL, Gremeaux V, Place N, Kayser B, Donnelly C. Key Nutritional Considerations for Youth Winter Sports Athletes to Optimize Growth, Maturation and Sporting Development. *Front. Sports Act. Living.* 2021;3:599118. doi:10.3389/fspor.2021.599118.
302. Knovich MA, Storey JA, Coffman LG, Torti SV, Torti FM. Ferritin for the clinician. *Blood Reviews.* 2009;23:95–104. doi:10.1016/j.blre.2008.08.001.
303. Pradita DK, Dieny FF, Kurniawati DM, Tsani A, Widyastuti N, Fitranti DY, Rahadiyanti A. The relationship between iron deficiency and bone mineral density in young female athletes. *Food Res.* 2020;4:99–108. doi:10.26656/fr.2017.4(S3).S24.
304. Zaitseva IP. Efficiency of using vitamin-mineral complexes in the prevention of iron-deficiency states in athletes. *Gig Sanit.* 2010:66–9.
305. Peeling P, Sim M, Badenhorst CE, Dawson B, Govus AD, Abbiss CR, et al. Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. *PLoS One.* 2014;9:e93002. doi:10.1371/journal.pone.0093002.
306. Kobayashi Y, Taniguchi R, Shirasaki E, Yoshimoto YS, Aoi W, Kuwahata M. Continuous training in young athletes decreases hepcidin secretion and is positively correlated with serum 25(OH)D and ferritin. *PeerJ.* 2024;12:e17566. doi:10.7717/peerj.17566.
307. Solberg A, Reikvam H. Iron Status and Physical Performance in Athletes. *Life (Basel)* 2023. doi:10.3390/life13102007.

308. Sim M, Garvican-Lewis LA, Cox GR, Govus A, McKay AKA, Stellingwerff T, Peeling P. Iron considerations for the athlete: a narrative review. *Eur J Appl Physiol.* 2019;119:1463–78. doi:10.1007/s00421-019-04157-y.
309. Turchaninov DV, Bovarskaya LA, Bogdashin IV, Bagrova LV, Gotwald AR, Kozubenko OV. INFLUENCE OF THE REGULAR INTAKE OF FERMENTED MILK PRODUCTS ENRICHED BY MICRONUTRIENTS ON SOME INDICES OF IRON METABOLISM IN ADOLESCENTS INVOLVED IN SPORTS. *Gig Sanit.* 2015;94:76–9.
310. Siebenthal HK von, Moretti D, Zimmermann MB, Stoffel NU. Effect of dietary factors and time of day on iron absorption from oral iron supplements in iron deficient women. *Am J Hematol.* 2023;98:1356–63. doi:10.1002/ajh.26987.
311. Pantopoulos K. Oral iron supplementation: new formulations, old questions. *Haematologica.* 2024;109:2790–801. doi:10.3324/haematol.2024.284967.
312. Lewis JR, Zhu K, Prince RL. Adverse events from calcium supplementation: relationship to errors in myocardial infarction self-reporting in randomized controlled trials of calcium supplementation. *J Bone Miner Res.* 2012;27:719–22. doi:10.1002/jbmr.1484.
313. Corte-Real J, Bohn T. Interaction of divalent minerals with liposoluble nutrients and phytochemicals during digestion and influences on their bioavailability - a review. *Food Chem.* 2018;252:285–93. doi:10.1016/j.foodchem.2018.01.113.
314. Mihrete Y. Review on Mineral Malabsorption and Reducing Technologies. *Int. J. Neurol. Phys. Ther.* 2019;5:25. doi:10.11648/j.ijnpt.20190501.15.
315. Rossi FE, Landreth A, Beam S, Jones T, Norton L, Cholewa JM. The Effects of a Sports Nutrition Education Intervention on Nutritional Status, Sport Nutrition Knowledge, Body Composition, and Performance during Off Season Training in NCAA Division I Baseball Players. *J Sports Sci Med.* 2017;16:60–8.
316. Ebert J. A Pilot Study of the Relationship of Calcium Intake and Frequency of Injuries in High School Athletes. Department of Nutrition and Health Sciences: Dissertations, Theses, and Student Research. 2010.
317. Cormick G, Belizán JM. Calcium Intake and Health. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11071606.
318. Jeoung B, Kim J. Analysis and Evaluation of Nutritional Intake and Nutrition Quotient of Korean Athletes with Disabilities in the Tokyo Paralympic Games. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13103631.
319. Seo M-W, Song JK, Jung HC, Kim S-W, Kim J-H, Lee J-M. The Associations of Vitamin D Status with Athletic Performance and Blood-borne Markers in Adolescent Athletes: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health* 2019. doi:10.3390/ijerph16183422.
320. Wrzosek M, Woźniak J, Koziol-Kaczorek D, Włodarek D. The Assessment of the Supply of Calcium and Vitamin D in the Diet of Women Regularly Practicing Sport. *J Osteoporos.* 2019;2019:9214926. doi:10.1155/2019/9214926.
321. Aminaei M, Shamsi EH, Nikoei R. The impact of eight weeks of calcium intake and vitamin D along with TRX exercise on body composition and lipid profiles of overweight women. *Obesity Medicine.* 2020;19:100249. doi:10.1016/j.obmed.2020.100249.
322. Kleczkowski LA, Igamberdiev AU. Adenylate-driven equilibration of both ribo- and deoxyribonucleotides is under magnesium control: Quantification of the Mg²⁺-signal. *J Plant Physiol.* 2025;304:154380. doi:10.1016/j.jplph.2024.154380.
323. Romani AMP. Cellular magnesium homeostasis. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 2011;512:1–23. doi:10.1016/j.abb.2011.05.010.
324. Barbagallo M, Gupta RK, Dominguez LJ, Resnick LM. Cellular ionic alterations with age: Relation to hypertension and diabetes. *J Am Geriatr Soc.* 2015;48:1111–6. doi:10.1111/j.1532-5415.2000.tb04788.x.
325. Caspi R, Altman T, Dreher K, Fulcher CA, Subhraveti P, Keseler IM, et al. The MetaCyc database of metabolic pathways and enzymes and the BioCyc collection of pathway/genome databases. *Nucleic Acids Res.* 2012;40:D742-53. doi:10.1093/nar/gkr1014.

326. Dominguez LJ, Veronese N, Barbagallo M. Magnesium and the Hallmarks of Aging. *Nutrients* 2024. doi:10.3390/nu16040496.
327. Cameron D, Welch AA, Adelnia F, Bergeron CM, Reiter DA, Dominguez LJ, et al. Age and Muscle Function Are More Closely Associated With Intracellular Magnesium, as Assessed by ³¹P Magnetic Resonance Spectroscopy, Than With Serum Magnesium. *Front Physiol.* 2019;10:1454. doi:10.3389/fphys.2019.01454.
328. Dominguez L, Veronese N, Barbagallo M. Magnesium and Hypertension in Old Age. *Nutrients* 2020. doi:10.3390/nu13010139.
329. Nielsen FH, Lukaski HC. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnes Res.* 2006;19:180–9.
330. Dominguez LJ, Barbagallo M, Lauretani F, Bandinelli S, Bos A, Corsi AM, et al. Magnesium and muscle performance in older persons: the InCHIANTI study. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:419–26. doi:10.1093/ajcn/84.1.419.
331. Veronese N, Berton L, Carraro S, Bolzetta F, Rui M de, Perissinotto E, et al. Effect of oral magnesium supplementation on physical performance in healthy elderly women involved in a weekly exercise program: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2014;100:974–81. doi:10.3945/ajcn.113.080168.
332. Matias CN, Santos DA, Monteiro CP, Silva AM, Raposo MdF, Martins F, et al. Magnesium and strength in elite judo athletes according to intracellular water changes. *Magnes Res.* 2010;23:138–41. doi:10.1684/mrh.2010.0217.
333. Hunt G, Sukumar D, Volpe SL. Magnesium and Vitamin D Supplementation on Exercise Performance. *Transl J ACSM.* 2021;6:e000179. doi:10.1249/TJX.000000000000179.
334. Song J, She J, Chen D, Pan F. Latest research advances on magnesium and magnesium alloys worldwide. *Journal of Magnesium and Alloys.* 2020;8:1–41. doi:10.1016/j.jma.2020.02.003.
335. Barbagallo M, Veronese N, Dominguez LJ. Magnesium in Aging, Health and Diseases. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13020463.
336. Kleczkowski LA, Igamberdiev AU. Magnesium and cell energetics: At the junction of metabolism of adenylate and non-adenylate nucleotides. *J Plant Physiol.* 2023;280:153901. doi:10.1016/j.jplph.2022.153901.
337. Setaro L, Santos-Silva PR, Nakano EY, Sales CH, Nunes N, Greve JM, Colli C. Magnesium status and the physical performance of volleyball players: effects of magnesium supplementation. *J Sports Sci.* 2014;32:438–45. doi:10.1080/02640414.2013.828847.
338. Dominguez LJ, Veronese N, Guerrero-Romero F, Barbagallo M. Magnesium in Infectious Diseases in Older People. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13010180.
339. Dai Q, Zhu X, Manson JE, Song Y, Li X, Franke AA, et al. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial. *Am J Clin Nutr.* 2018;108:1249–58. doi:10.1093/ajcn/nqy274.
340. Kass LS, Skinner P, Poeira F. A pilot study on the effects of magnesium supplementation with high and low habitual dietary magnesium intake on resting and recovery from aerobic and resistance exercise and systolic blood pressure. *J Sports Sci Med.* 2013;12:144–50.
341. Abbasi B, Kimiagar M, Sadeghniaat K, Shirazi MM, Hedayati M, Rashidkhani B. The effect of magnesium supplementation on primary insomnia in elderly: A double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Res Med Sci.* 2012;17:1161–9.
342. Czaja J, Lebedzińska A, Marszałł M, Szefer P. Evaluation for magnesium and vitamin B6 supplementation among Polish elite athletes. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2011;62:413–8.
343. Williams MH. Dietary supplements and sports performance: minerals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2005;2:43–9. doi:10.1186/1550-2783-2-1-43.
344. Hou H, Wang L, Fu T, Papasergi M, Yule DI, Xia H. Magnesium Acts as a Second Messenger in the Regulation of NMDA Receptor-Mediated CREB Signaling in Neurons. *Mol Neurobiol.* 2020;57:2539–50. doi:10.1007/s12035-020-01871-z.

345. Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*. 2015;7:8199–226. doi:10.3390/nu7095388.
346. Souza AC, Vasconcelos AR, Dias DD, Komoni G, Name JJ. The Integral Role of Magnesium in Muscle Integrity and Aging: A Comprehensive Review. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15245127.
347. Petrović J, Stanić D, Dmitrašinović G, Plećaš-Solarović B, Ignjatović S, Batinić B, et al. Magnesium Supplementation Diminishes Peripheral Blood Lymphocyte DNA Oxidative Damage in Athletes and Sedentary Young Man. *Oxid Med Cell Longev*. 2016;2016:2019643. doi:10.1155/2016/2019643.
348. Camera DM, Smiles WJ, Hawley JA. Exercise-induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance. *Free radical biology & medicine*. 2016;98:131–43. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.007.
349. Margolis LM, Pasiakos SM. Optimizing intramuscular adaptations to aerobic exercise: effects of carbohydrate restriction and protein supplementation on mitochondrial biogenesis. *Adv Nutr*. 2013;4:657–64. doi:10.3945/an.113.004572.
350. Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology & medicine*. 2016;98:144–58. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016.
351. Paulsen G, Hamarsland H, Cumming KT, Johansen RE, Hulmi JJ, Børsheim E, et al. Vitamin C and E supplementation alters protein signalling after a strength training session, but not muscle growth during 10 weeks of training. *J Physiol*. 2014;592:5391–408. doi:10.1113/jphysiol.2014.279950.
352. Wardenaar FC, Clark N, Stellingwerff T, Siegler J, Saunders B, Dolan E, et al. Summary of the 2024 Professionals in Nutrition for Exercise and Sport "10 Questions/10 Experts" Session-Hot Topics for the Paris Olympic Games. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2025;35:76–83. doi:10.1123/ijsnem.2024-0167.
353. Orchard TS, Larson JC, Alghothani N, Bout-Tabaku S, Cauley JA, Chen Z, et al. Magnesium intake, bone mineral density, and fractures: results from the Women's Health Initiative Observational Study. *Am J Clin Nutr*. 2014;99:926–33. doi:10.3945/ajcn.113.067488.
354. Groenendijk I, van Delft M, Versloot P, van Loon LJC, Groot LCPGM de. Impact of magnesium on bone health in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Bone*. 2022;154:116233. doi:10.1016/j.bone.2021.116233.
355. Ryder KM, Shorr RI, Bush AJ, Kritchevsky SB, Harris T, Stone K, et al. Magnesium intake from food and supplements is associated with bone mineral density in healthy older white subjects. *J Am Geriatr Soc*. 2005;53:1875–80. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53561.x.
356. Veronese N, Stubbs B, Solmi M, Noale M, Vaona A, Demurtas J, Maggi S. Dietary magnesium intake and fracture risk: data from a large prospective study. *Br J Nutr*. 2017;117:1570–6. doi:10.1017/S0007114517001350.
357. Nocella C, Cammisotto V, Pigozzi F, Borriero P, Fossati C, D'Amico A, et al. Impairment between Oxidant and Antioxidant Systems: Short- and Long-term Implications for Athletes' Health. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11061353.
358. Zhang Y, Xun P, Wang R, Mao L, He K. Can Magnesium Enhance Exercise Performance? *Nutrients* 2017. doi:10.3390/nu9090946.
359. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*. 2004;20:632–44. doi:10.1016/j.nut.2004.04.001.
360. Powers SK, Deminice R, Ozdemir M, Yoshihara T, Bomkamp MP, Hyatt H. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *J Sport Health Sci*. 2020;9:415–25. doi:10.1016/j.jshs.2020.04.001.
361. Negru AG, Pastorci A, Crisan S, Cismaru G, Popescu FG, Luca CT. The Role of Hypomagnesemia in Cardiac Arrhythmias: A Clinical Perspective. *Biomedicines* 2022. doi:10.3390/biomedicines10102356.
362. Scherr J, Schuster T, Pressler A, Roeh A, Christle J, Wolfarth B, Halle M. Repolarization perturbation and hypomagnesemia after extreme exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44:1637–43. doi:10.1249/MSS.0b013e318258aaf4.

363. Erpenbach K, Erpenbach MC, Mayer W, Hoffmann U, Mücke S. Is the recent sports nutrition sufficient to maintain optimal micronutrient levels? *Global Journal of Orthopedics Research & Sports Medicine*. 2021;-.
364. Sone R, Nakazawa S, Ohishi K. Efficacy of mineral-rich antioxidant supplements on oxidative stress markers and exercise performance. *Gazz Med Ital - Arch Sci Med* 2022. doi:10.23736/S0393-3660.20.04499-X.
365. Schek A, Braun H, Carlsohn S, Großhauser M, König D, Lampen A, et al. Position of the working group sports nutrition of the German Nutrition Society (DGE): fats, fat loading, and sports performance. *Dtsch Z Sportmed*. 2020;71:199–207. doi:10.5960/dzsm.2020.448.
366. Barrientos G, Alves J, Pradas F, Robles MC, Muñoz D, Maynar M. Association between Parameters Related to Oxidative Stress and Trace Minerals in Athletes. *Sustainability*. 2020;12:4966. doi:10.3390/su12124966.
367. Hew-Butler T, Loi V, Pani A, Rosner MH. Exercise-Associated Hyponatremia: 2017 Update. *Front Med (Lausanne)*. 2017;4:21. doi:10.3389/fmed.2017.00021.
368. Chiampas GT, Goyal AV. Innovative Operations Measures and Nutritional Support for Mass Endurance Events. *Sports Med*. 2015;45 Suppl 1:S61-9. doi:10.1007/s40279-015-0396-6.
369. Roohani N, Hurrell R, Kelishadi R, Schulin R. Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci*. 2013;18:144–57.
370. Micheletti A, Rossi R, Rufini S. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Med*. 2001;31:577–82. doi:10.2165/00007256-200131080-00002.
371. Maret W, Sandstead HH. Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Perspectives in Medicine*. 2006;20:3–18.
372. Ahrendt DM. Ergogenic aids: counseling the athlete. *Am Fam Physician*. 2001;63:913–22.
373. Martusevich AK, Karuzin KA. Metabolic estimation of efficiency of vitamin and mineral complexes in qualified athletes. *Vopr Pitan*. 2021;90:94–101. doi:10.33029/0042-8833-2021-90-1-94-101.
374. DiSilvestro RA, Crawford B, Zhang W, Shastri S. Effects of micronutrient supplementation plus resistance exercise training on bone metabolism markers in young adult woman. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*. 2007;16:26–32. doi:10.1080/13590840701343673.
375. Barchielli G, Capperucci A, Tanini D. The Role of Selenium in Pathologies: An Updated Review. *Antioxidants (Basel)* 2022. doi:10.3390/antiox11020251.
376. Rayman MP. Selenium and human health. *Lancet*. 2012;379:1256–68. doi:10.1016/S0140-6736(11)61452-9.
377. Dahlquist DT, Stellingwerff T, Dieter BP, McKenzie DC, Koehle MS. Effects of macro- and micronutrients on exercise-induced hepcidin response in highly trained endurance athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 2017;42:1036–43. doi:10.1139/apnm-2017-0207.
378. Barley OR, Chapman DW, Abbiss CR. Reviewing the current methods of assessing hydration in athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2020;17:52. doi:10.1186/s12970-020-00381-6.
379. James LJ, Funnell MP, James RM, Mears SA. Does Hypohydration Really Impair Endurance Performance? Methodological Considerations for Interpreting Hydration Research. *Sports Med*. 2019;49:103–14. doi:10.1007/s40279-019-01188-5.
380. Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr*. 2007;26:575S-584S. doi:10.1080/07315724.2007.10719661.
381. Zubac D, Marusic U, Karninčić H. Hydration Status Assessment Techniques and Their Applicability Among Olympic Combat Sports Athletes: Literature Review. *Strength & Conditioning Journal*. 2016;38:80–9. doi:10.1519/SSC.0000000000000236.
382. Chevront SN, Sawka MN. Hydration Assessment of Athletes. *Sports Science Exchange*. 2005;18.
383. Shirreffs SM. Markers of hydration status. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40:80–4.

384. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:377–90. doi:10.1249/mss.0b013e31802ca597.
385. Kenney EL, Long MW, Craddock AL, Gortmaker SL. Prevalence of Inadequate Hydration Among US Children and Disparities by Gender and Race/Ethnicity: National Health and Nutrition Examination Survey, 2009-2012. *Am J Public Health.* 2015;105:e113-8. doi:10.2105/AJPH.2015.302572.
386. Belval LN, Hosokawa Y, Casa DJ, Adams WM, Armstrong LE, Baker LB, et al. Practical Hydration Solutions for Sports. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11071550.
387. Pérez-Castillo ÍM, Williams JA, López-Chicharro J, Mihic N, Rueda R, Bouzamondo H, Horswill CA. Compositional Aspects of Beverages Designed to Promote Hydration Before, During, and After Exercise: Concepts Revisited. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu16010017.
388. Saltin B, Gagge AP, Stolwijk JA. Body temperatures and sweating during thermal transients caused by exercise. *J Appl Physiol.* 1970;28:318–27. doi:10.1152/jappl.1970.28.3.318.
389. Nuccio RP, Barnes KA, Carter JM, Baker LB. Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports Med.* 2017;47:195–82. doi:10.1007/s40279-017-0738-7.
390. Fernández-Elías VE, Hamouti N, Ortega JF, Mora-Rodríguez R. Hyperthermia, but not muscle water deficit, increases glycogen use during intense exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25 Suppl 1:126–34. doi:10.1111/sms.12368.
391. Dube A, Gouws C, Breukelman G. Effects of hypohydration and fluid balance in athletes' cognitive performance: a systematic review. *Afr Health Sci.* 2022;22:367–76. doi:10.4314/ahs.v22i1.45.
392. McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Chevront SN, Cooper L, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J Athl Train.* 2017;52:877–95. doi:10.4085/1062-6050-52.9.02.
393. Bergeron MF, Bahr R, Bärtsch P, Bourdon L, Calbet JAL, Carlsen KH, et al. International Olympic Committee consensus statement on thermoregulatory and altitude challenges for high-level athletes. *Br J Sports Med.* 2012;46:770–9. doi:10.1136/bjsports-2012-091296.
394. Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, et al. Consensus recommendations on training and competing in the heat. *Br J Sports Med.* 2015;49:1164–73. doi:10.1136/bjsports-2015-094915.
395. Judge LW, Bellar DM, Popp JK, Craig BW, Schoeff MA, Hoover DL, et al. Hydration to Maximize Performance and Recovery: Knowledge, Attitudes, and Behaviors Among Collegiate Track and Field Throwers. *J Hum Kinet.* 2021;79:111–22. doi:10.2478/hukin-2021-0065.
396. Montain SJ, Chevront SN, Sawka MN. Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology. *Br J Sports Med.* 2006;40:98-105; discussion 98-105. doi:10.1136/bjism.2005.018481.
397. Montain SJ, Sawka MN, Wenger CB. Hyponatremia associated with exercise: risk factors and pathogenesis. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29:113–7. doi:10.1097/00003677-200107000-00005.
398. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:33. doi:10.1186/s12970-017-0189-4.
399. Owens DS. Lifestyle Modification: Diet, Exercise, Sports, and Other Issues. In: Naidu SS, editor. *Hypertrophic Cardiomyopathy.* Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 169–182. doi:10.1007/978-3-319-92423-6_12.
400. Horswill CA, Janas LM. Hydration and Health. *American Journal of Lifestyle Medicine.* 2011;5:304–15. doi:10.1177/1559827610392707.
401. Kavouras SA. Assessing hydration status. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2002;5:519–24. doi:10.1097/00075197-200209000-00010.
402. Chevront SN, Kenefick RW. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive Physiology.* 2014;4:257–85. doi:10.1002/cphy.c130017.

403. James LJ, Moss J, Henry J, Papadopoulou C, Mears SA. Hypohydration impairs endurance performance: a blinded study. *Physiol Rep* 2017. doi:10.14814/phy2.13315.
404. Sawka MN, Young AJ, Latzka WA, Neuffer PD, Quigley MD, Pandolf KB. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *J Appl Physiol* (1985). 1992;73:368–75. doi:10.1152/jappl.1992.73.1.368.
405. Armstrong LE, Hubbard RW, Szlyk PC, Sils IV, Kraemer WJ. Heat intolerance, heat exhaustion monitored: a case report. *Aviat Space Environ Med.* 1988;59:262–6.
406. Hahn RG, Waldréus N. An Aggregate Urine Analysis Tool to Detect Acute Dehydration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013;23:303–11. doi:10.1123/ijsnem.23.4.303.
407. Ceylan B, Barley OR, Balci SS. Changes in body mass and hydration status in judo athletes before and after a top-level competition: a descriptive case study. *Phys Sportsmed.* 2023;51:228–33. doi:10.1080/00913847.2022.2026200.
408. Armstrong LE, Stearns RL, Huggins RA, Sekiguchi Y, Mershon AJ, Casa DJ. Reference Values for Hydration Biomarkers: Optimizing Athletic Performance and Recovery. *Open Access J Sports Med.* 2025;16:31–50. doi:10.2147/OAJSM.S508656.
409. Casa DJ, Chevront SN, Galloway SD, Shirreffs SM. Fluid Needs for Training, Competition, and Recovery in Track-and-Field Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29:175–80. doi:10.1123/ijsnem.2018-0374.
410. Peden DL, Funnell MP, Reynolds KM, Kenefick RW, Chevront SN, Mears SA, James LJ. Post-exercise rehydration: Comparing the efficacy of three commercial oral rehydration solutions. *Front Sports Act Living.* 2023;5:1158167. doi:10.3389/fspor.2023.1158167.
411. Ly NQ, Hamstra-Wright KL, Horswill CA. Post-Exercise Rehydration in Athletes: Effects of Sodium and Carbohydrate in Commercial Hydration Beverages. *Nutrients* 2023. doi:10.3390/nu15224759.
412. Hamouti N, Del Coso J, Mora-Rodriguez R. Comparison between blood and urinary fluid balance indices during dehydrating exercise and the subsequent hypohydration when fluid is not restored. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113:611–20. doi:10.1007/s00421-012-2467-9.
413. Mora-Rodríguez R, Fernández-Elías VE, Hamouti N, Ortega JF. Skeletal muscle water and electrolytes following prolonged dehydrating exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:e274-82. doi:10.1111/sms.12316.
414. Olsson KE, Saltin B. Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. *Acta Physiol Scand.* 1970;80:11–8. doi:10.1111/j.1748-1716.1970.tb04764.x.
415. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
416. Deshayes TA, Pancrate T, Goulet EDB. Impact of dehydration on perceived exertion during endurance exercise: A systematic review with meta-analysis. *J Exerc Sci Fit.* 2022;20:224–35. doi:10.1016/j.jesf.2022.03.006.
417. Logan-Sprenger HM, Heigenhauser GJF, Killian KJ, Spriet LL. Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:1949–57. doi:10.1249/MSS.0b013e31825abc7c.
418. Bergeron MF. Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal of science and medicine in sport.* 2003;6:19–27. doi:10.1016/s1440-2440(03)80005-1.
419. Maughan RJ, Leiper JB. Sodium intake and post-exercise rehydration in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;71:311–9. doi:10.1007/BF00240410.
420. Merson SJ, Maughan RJ, Shirreffs SM. Rehydration with drinks differing in sodium concentration and recovery from moderate exercise-induced hypohydration in man. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103:585–94. doi:10.1007/s00421-008-0748-0.
421. Thomas M, Khopkar U. Salute sign: A nonambiguous histopathological sign in pityriasis rosea. *Indian Dermatol Online J.* 2016;7:543–4. doi:10.4103/2229-5178.193917.
422. Montain SJ, Latzka WA, Sawka MN. Fluid replacement recommendations for training in hot weather. *Mil Med.* 1999;164:502–8.

423. Evans GH, James LJ, Shirreffs SM, Maughan RJ. Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol* (1985). 2017;122:945–51. doi:10.1152/jappphysiol.00745.2016.
424. Kamijo Y-I, Ikegawa S, Okada Y, Masuki S, Okazaki K, Uchida K, et al. Enhanced renal Na⁺ reabsorption by carbohydrate in beverages during restitution from thermal and exercise-induced dehydration in men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2012;303:R824-33. doi:10.1152/ajpregu.00588.2011.
425. Shirreffs SM, Aragon-Vargas LF, Keil M, Love TD, Phillips S. Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17:244–58. doi:10.1123/ijsnem.17.3.244.
426. Osterberg KL, Pallardy SE, Johnson RJ, Horswill CA. Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol* (1985). 2010;108:245–50. doi:10.1152/jappphysiol.91275.2008.
427. Pérez-Idárraga A, Aragón-Vargas LF. Postexercise rehydration: potassium-rich drinks versus water and a sports drink. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 2014;39:1167–74. doi:10.1139/apnm-2013-0434.
428. González-Alonso J, Heaps CL, Coyle EF. Rehydration after exercise with common beverages and water. *Int J Sports Med*. 1992;13:399–406. doi:10.1055/s-2007-1021288.
429. Shirreffs, M S, Taylor, J A, Leiper, B J, et al. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1996;28:1260–71.
430. Smith-Ryan AE, Hirsch KR, Saylor HE, Gould LM, Blue MNM. Nutritional Considerations and Strategies to Facilitate Injury Recovery and Rehabilitation. *J Athl Train*. 2020;55:918–30. doi:10.4085/1062-6050-550-19.
431. Flynn S, Rosales A, Hailes W, Ruby B. Males and females exhibit similar muscle glycogen recovery with varied recovery food sources. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120:1131–42. doi:10.1007/s00421-020-04352-2.
432. Ramadhani F, Hatta H, Nuryani N, Maesarah M, Adam D, Sillehu S, Nugroho HSW. Correlation of Energy, Protein, Carbohydrate, and Physical Activity Intake with Nutritional Status of Adolescents. *Open Access Maced J Med Sci*. 2022;10:1440–5. doi:10.3889/oamjms.2022.8110.
433. Monteyne AJ, Coelho MOC, Porter C, Abdelrahman DR, Jameson TSO, Jackman SR, et al. Mycoprotein ingestion stimulates protein synthesis rates to a greater extent than milk protein in rested and exercised skeletal muscle of healthy young men: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2020;112:318–33. doi:10.1093/ajcn/nqaa092.
434. Kyriakidou Y, Wood C, Ferrier C, Dolci A, Elliott B. The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18:9. doi:10.1186/s12970-020-00405-1.
435. Sun Y, Wang Z, Gong P, Yao W, Ba Q, Wang H. Review on the health-promoting effect of adequate selenium status. *Front Nutr*. 2023;10:1136458. doi:10.3389/fnut.2023.1136458.
436. Shirreffs SM, Sawka MN. Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *J Sports Sci*. 2011;29 Suppl 1:S39-46. doi:10.1080/02640414.2011.614269.
437. Slater GJ, Sygo J, Jorgensen M. SPRINTING. . . Dietary Approaches to Optimize Training Adaptation and Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2019;29:85–94. doi:10.1123/ijsnem.2018-0273.
438. Jeukendrup AE. Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Med*. 2017;47:51–63. doi:10.1007/s40279-017-0694-2.
439. Hawley JA, Lundby C, Cotter JD, Burke LM. Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. *Cell Metab*. 2018;27:962–76. doi:10.1016/j.cmet.2018.04.014.
440. Naderi A, Rothschild JA, Santos HO, Hamidvand A, Koozehchian MS, Ghazzagh A, et al. Nutritional Strategies to Improve Post-exercise Recovery and Subsequent Exercise Performance: A Narrative Review. *Sports Med*. 2025;55:1559–77. doi:10.1007/s40279-025-02213-6.

441. West DWD, Abou Sawan S, Mazzulla M, Williamson E, Moore DR. Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: A Double-Blind Crossover Study. *Nutrients* 2017. doi:10.3390/nu9070735.
442. Garcia-Vicencio S, Ratel S, Gryson C, Masgrau A, Piponnier E, Brasy J, et al. A Moderate Supplementation of Native Whey Protein Promotes Better Muscle Training and Recovery Adaptations Than Standard Whey Protein - A 12-Week Electrical Stimulation and Plyometrics Training Study. *Front Physiol.* 2018;9:1312. doi:10.3389/fphys.2018.01312.
443. Hara D, Morrison PJ, Ding Z, Ivy JL. Effect of carbohydrate-protein supplementation postexercise on rat muscle glycogen synthesis and phosphorylation of proteins controlling glucose storage. *Metabolism - Clinical and Experimental.* 2011;60:1406–15. doi:10.1016/j.metabol.2011.02.007.
444. Doering TM, Reaburn PR, Phillips SM, Jenkins DG. Postexercise Dietary Protein Strategies to Maximize Skeletal Muscle Repair and Remodeling in Masters Endurance Athletes: A Review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2016;26:168–78. doi:10.1123/ijsnem.2015-0102.
445. Macnaughton LS, Wardle SL, Witard OC, McGlory C, Hamilton DL, Jeromson S, et al. The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiol Rep* 2016. doi:10.14814/phy2.12893.
446. Loenneke JP, Loprinzi PD, Murphy CH, Phillips SM. Per meal dose and frequency of protein consumption is associated with lean mass and muscle performance. *Clin Nutr.* 2016;35:1506–11. doi:10.1016/j.clnu.2016.04.002.
447. Trommelen J, van Lieshout GAA, Nyakayiru J, Holwerda AM, Smeets JSJ, Hendriks FK, et al. The anabolic response to protein ingestion during recovery from exercise has no upper limit in magnitude and duration in vivo in humans. *Cell Rep Med.* 2023;4:101324. doi:10.1016/j.xcrm.2023.101324.
448. Chapman S, Chung HC, Rawcliffe AJ, Izard R, Smith L, Roberts JD. Does Protein Supplementation Support Adaptations to Arduous Concurrent Exercise Training? A Systematic Review and Meta-Analysis with Military Based Applications. *Nutrients* 2021. doi:10.3390/nu13051416.
449. Bandegan A, Courtney-Martin G, Rafii M, Pencharz PB, Lemon PWR. Indicator amino acid oxidation protein requirement estimate in endurance-trained men 24 h postexercise exceeds both the EAR and current athlete guidelines. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism.* 2019;316:E741-E748. doi:10.1152/ajpendo.00174.2018.
450. Trommelen J, Kouw IWK, Holwerda AM, Snijders T, Halson SL, Rollo I, et al. Presleep dietary protein-derived amino acids are incorporated in myofibrillar protein during postexercise overnight recovery. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism.* 2018;314:E457-E467. doi:10.1152/ajpendo.00273.2016.
451. Bongiovanni T, Genovesi F, Nemmer M, Carling C, Alberti G, Howatson G. Nutritional interventions for reducing the signs and symptoms of exercise-induced muscle damage and accelerate recovery in athletes: current knowledge, practical application and future perspectives. *Eur J Appl Physiol.* 2020;120:1965–96. doi:10.1007/s00421-020-04432-3.
452. Morgan PT, Wollman PM, Jackman SR, Bowtell JL. Flavanol-Rich Cacao Mucilage Juice Enhances Recovery of Power but Not Strength from Intensive Exercise in Healthy, Young Men. *Sports (Basel)* 2018. doi:10.3390/sports6040159.
453. Bowtell J, Kelly V. Fruit-Derived Polyphenol Supplementation for Athlete Recovery and Performance. *Sports Med.* 2019;49:3–23. doi:10.1007/s40279-018-0998-x.
454. Kim J, So W-Y. Effects of acute grape seed extract supplementation on muscle damage after eccentric exercise: A randomized, controlled clinical trial. *J Exerc Sci Fit.* 2019;17:77–9. doi:10.1016/j.jesf.2019.01.001.
455. Bonilla DA, Pérez-Idárraga A, Odriozola-Martínez A, Kreider RB. The 4R's Framework of Nutritional Strategies for Post-Exercise Recovery: A Review with Emphasis on New Generation of Carbohydrates. *Int J Environ Res Public Health* 2020. doi:10.3390/ijerph18010103.
456. Díaz-Lara J, Reisman E, Botella J, Probert B, Burke LM, Bishop DJ, Lee MJ. Delaying post-exercise carbohydrate intake impairs next-day exercise capacity but not muscle glycogen or molecular responses. *Acta Physiol (Oxf).* 2024;240:e14215. doi:10.1111/apha.14215.

457. Gonzalez JT, Betts JA. Dietary sugars, exercise and hepatic carbohydrate metabolism. *Proc Nutr Soc.* 2019;78:246–56. doi:10.1017/S0029665118002604.
458. Podlogar T, Shad BJ, Seabright AP, Odell OJ, Lord SO, Civil R, et al. Postexercise muscle glycogen synthesis with glucose, galactose, and combined galactose-glucose ingestion. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism.* 2023;325:E672-E681. doi:10.1152/ajpendo.00127.2022.
459. Maunder E, Podlogar T, Wallis GA. Postexercise Fructose-Maltodextrin Ingestion Enhances Subsequent Endurance Capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50:1039–45. doi:10.1249/MSS.0000000000001516.
460. McCarthy DG, Spriet LL. Performance Effects of Carbohydrate Ingestion Between Bouts of Intense Aerobic Interval Exercise. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15:262–7. doi:10.1123/ijsp.2019-0239.
461. Lorenzo I, Serra-Prat M, Yébenes JC. The Role of Water Homeostasis in Muscle Function and Frailty: A Review. *Nutrients* 2019. doi:10.3390/nu11081857.
462. Baker LB. Sweating Rate and Sweat Sodium Concentration in Athletes: A Review of Methodology and Intra/Interindividual Variability. *Sports Med.* 2017;47:111–28. doi:10.1007/s40279-017-0691-5.
463. Borra V, Brier N de, Berry DC, Zideman D, Singletary E, Buck E de. Oral Rehydration Beverages for Treating Exercise-Associated Dehydration: A Systematic Review, Part I. Carbohydrate-Electrolyte Solutions. *J Athl Train.* 2025;60:34–54. doi:10.4085/1062-6050-0682.22.
464. Jardine WT, Aisbett B, Kelly MK, Burke LM, Ross ML, Condo D, et al. The Effect of Pre-Exercise Hyperhydration on Exercise Performance, Physiological Outcomes and Gastrointestinal Symptoms: A Systematic Review. *Sports Med.* 2023;53:2111–34. doi:10.1007/s40279-023-01885-2.
465. Franchini E, Brito CJ, Artioli GG. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:52. doi:10.1186/1550-2783-9-52.
466. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Aspects of disordered eating continuum in elite high-intensity sports. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:112–21. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01190.x.
467. Mathisen TF, Ackland T, Burke LM, Constantini N, Haudum J, Macnaughton LS, et al. Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: a critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med.* 2023;57:1148–58. doi:10.1136/bjsports-2023-106812.
468. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One.* 2014;9:e97846. doi:10.1371/journal.pone.0097846.
469. Randell RK, Clifford T, Drust B, Moss SL, Unnithan VB, Ste Croix MBA de, et al. Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Med.* 2021;51:1377–99. doi:10.1007/s40279-021-01458-1.
470. Sansone P, Makivic B, Csapo R, Hume P, Martínez-Rodríguez A, Bauer P. Body Fat of Basketball Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Open.* 2022;8:26. doi:10.1186/s40798-022-00418-x.
471. Sanfilippo J, Krueger D, Heiderscheid B, Binkley N. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Body Composition in NCAA Division I Athletes: Exploration of Mass Distribution. *Sports Health.* 2019;11:453–60. doi:10.1177/1941738119861572.
472. Dunne A, Warrington G, McGoldrick A, Pugh J, Harrison M, Cullen S. Body Composition and Bone Health Status of Jockeys: Current Findings, Assessment Methods and Classification Criteria. *Sports Med Open.* 2022;8:23. doi:10.1186/s40798-022-00414-1.
473. Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, Burke LM, Constantini N, Hackney AC, et al. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med.* 2023;57:1073–97. doi:10.1136/bjsports-2023-106994.

474. Nelson M, Jette S. Muscle moves mass: Deconstructing the culture of weight loss in American Olympic Weightlifting. *International Review for the Sociology of Sport*. 2022;58:765–82. doi:10.1177/10126902221120183.
475. Gillbanks L, Mountjoy M, Filbay SR. Lightweight rowers' perspectives of living with Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *PLoS One*. 2022;17:e0265268. doi:10.1371/journal.pone.0265268.
476. Krentz EM, Warschburger P. A longitudinal investigation of sports-related risk factors for disordered eating in aesthetic sports. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23:303–10. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01380.x.
477. Kontele I, Vassilakou T. Nutritional Risks among Adolescent Athletes with Disordered Eating. *Children (Basel)* 2021. doi:10.3390/children8080715.
478. Loucks AB. The response of luteinizing hormone pulsatility to 5 days of low energy availability disappears by 14 years of gynecological age. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006;91:3158–64. doi:10.1210/jc.2006-0570.
479. Campbell P, Martin D, Bargh MJ, Gee TI. A comparison of rapid weight loss practices within international, national and regional powerlifters. *Nutr Health*. 2025;31:565–74. doi:10.1177/02601060231201892.
480. Khodae M, Olewinski L, Shadgan B, Kinningham RR. Rapid Weight Loss in Sports with Weight Classes. *Curr Sports Med Rep*. 2015;14:435–41. doi:10.1249/JSR.000000000000206.
481. Connor J, Egan B. Prevalence, Magnitude and Methods of Rapid Weight Loss Reported by Male Mixed Martial Arts Athletes in Ireland. *Sports (Basel)* 2019. doi:10.3390/sports7090206.
482. Reale R, Slater G, Cox GR, Dunican IC, Burke LM. The Effect of Water Loading on Acute Weight Loss Following Fluid Restriction in Combat Sports Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2018;28:565–73. doi:10.1123/ijsnem.2017-0183.
483. Thornton SN. Increased Hydration Can Be Associated with Weight Loss. *Front Nutr*. 2016;3:18. doi:10.3389/fnut.2016.00018.
484. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clin J Sport Med*. 2004;14:25–32. doi:10.1097/00042752-200401000-00005.
485. Torstveit MK, Fahrenholtz IL, Lichtenstein MB, Stenqvist TB, Melin AK. Exercise dependence, eating disorder symptoms and biomarkers of Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) among male endurance athletes. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5:e000439. doi:10.1136/bmjsem-2018-000439.

SPORDA BESLENME

Dr. Adem YAPICI - Dr. Remzi EŞKİL

EDİTÖR
Mehmet Kadir AKBULUT