



Derleme

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/igdirsbid> 2025, Cilt:8, Sayı:2, 61-76.

Doi: 10.48133/igdirsbid.1830419

Yüklenme Tarihi: 26.11.2025 **Kabul Tarihi:** 12.12.2025 **Yayın Tarihi:** 31.12.2025

Enerji Sistemleri ile Uyumlu Kanıta Dayalı Besin Takviyesi Stratejileri

Adile ŞAHİN KÖMÜR^{1*} , Ebru ÇETİN² 

¹ Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü

² Gazi Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

ÖZ

Bu derleme, farklı enerji sistemlerinin egzersiz performansındaki rolü bağlamında yaygın besin takviyelerinin metabolik etkilerini, güncel araştırma bulgularını ve uygulama önerilerini incelemektedir. Kreatin ve beta-alanin gibi takviyeler, kısa süreli yüksek yoğunluklu aktivitelerde fosfajen ve anaerobik enerji sistemlerini desteklerken, sodyum bikarbonat metabolik asidozu tamponlayarak tekrarlı sprintler ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde performansı iyileştirmektedir. Protein takviyeleri, kas protein sentezini artırıp yıkımı azaltarak direnç antrenmanı adaptasyonlarını ve toparlanmayı optimize ederken, karbonhidrat ve kafein kullanımı hem uzun süreli dayanıklılığı desteklemekte hem de merkezi sinir sistemi ve kas fonksiyonlarını uyarak algılanan eforu düşürmektedir. Güncel literatür, besin takviyelerinin enerji sistemleriyle uyumlu şekilde, uygun doz ve zamanlamayla planlanması halinde, aynı zamanda spor branşına özgü ihtiyaçlar doğrultusunda kişiselleştirildiği takdirde hem kısa süreli hem de uzun süreli performans üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Dolayısıyla, bu derleme kapsamda spor beslenmesi uzmanları ve uygulayıcılar için kanıta dayalı, bütüncül takviye stratejilerinin oluşturulmasına rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Atletik Performans, Besin Takviyesi, Ergojenik Yardımcılar, Enerji Sistemleri, Spor Beslenmesi

Evidence-Based Dietary Supplement Strategies Aligned with Energy Systems

ABSTRACT

This review examines the metabolic effects, current research findings, and practical recommendations of commonly used dietary supplements within the context of the role of different energy systems in exercise performance. Supplements such as creatine and beta-alanine support the phosphagen and anaerobic energy systems during short-duration, high-intensity activities, while sodium bicarbonate buffers metabolic acidosis and enhances performance in repeated sprints and high-intensity exercise. Protein supplementation optimizes resistance training adaptations and recovery by increasing muscle protein synthesis and reducing protein breakdown, whereas carbohydrate and caffeine intake support long-duration endurance while stimulating the central nervous system and muscle function, thereby reducing perceived exertion. Current literature indicates that dietary supplements, when planned in alignment with energy systems, with appropriate dosing and timing, and personalized according to sport-specific needs, can have positive effects on both short- and long-term performance. Therefore, this review aims to provide evidence-based guidance for sports nutrition specialists and practitioners in developing comprehensive supplement strategies.

Keywords: Athletic Performance, Dietary Supplement, Ergogenic Aids, Energy Systems, Sports Nutrition

* Sorumlu Yazar: adilesahinn@gmail.com.

GİRİŞ

Beslenme atletik performansın önemli belirleyicilerinden biridir. Antrenman öncesi, sırası ve sonrası için geliştirilmiş optimum beslenme stratejisi, yorgunluğun giderilmesinde adaptif yanıtları üst düzeye çıkarabilir, kas fonksiyonlarını iyileştirebilir ve sporcunun antrenmanlara tolerasyonunu artırabilir (Malsagova et al., 2021). Aynı zamanda branşın gerektirdiği ideal vücut kompozisyonunun devamlılığına da katkı sağlayabilir (ALTUNHAN & BAYER, 2021). Bu noktada egzersizin makro veya mikro besin öğelerinin fonksiyonlarını yerine getirdiği pek çok metabolik yolu aktive ettiği ve düzenli yapılan antrenmanların kaslarda biyokimyasal adaptasyonlar sağlayarak bazı besin öğelerinin gereksinimini artırılabileceği gözden kaçırılmamalıdır (Dobrowolski et al., 2024).

Besin takviyeleri (BT) sağlıklı yaşamı desteklemek veya sürdürmek amacıyla üretilen ve bu amaçla kullanılması tavsiye edilen beslenmeyi tamamlayıcı nitelikteki ticari ürünlerdir. (Mallick et al., 2023). Önceki çalışmalar BT kullanım yaygınlığının müsabaka düzeyi, spor türü ve BT kullanım tanımlaması gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte tahmini %40-100 oranında olduğunu ileri sürmektedir (Daher et al., 2022). BT içeriğine göre karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineraller olarak sınıflandırılırken; etki mekanizmasına göre performans artırma, yorgunluğu erteleme ya da toparlanmayı hızlandırma şeklinde gruplandırılmaktadır (Fu et al., 2024).

Atletik performansı belirleyen fizyolojik unsurlar arasında enerji sistemleri merkezi bir rol oynar. Günlük yaşam aktivitelerinin yanı sıra antrenman esnasında gerçekleşen kas kasılması, sinir iletimi, kan dolaşımı gibi temel fizyolojik olayların meydana gelebilmesi için ATP (adenozin trifosfat) gereklidir (Açıkada, 2021). Bu metabolik olaylar sırasında ATP'nin yeniden sentezi hem anaerobik (oksijensiz) hem de aerobik (oksijenli) süreçlerdeki tüm yolların katkısı sayesinde gerçekleşir. Kullanılan enerji sisteminin ATP üretimine katılım yoğunluğu aktivite türü, şiddeti ve süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Aktivite esnasında baskın enerji sistemi yapılan spor dalının fizyolojik gereksinimlerine göre farklılık gösterir. Dolayısıyla, her spor dalı için önerilen BT türü ve potansiyel etkisi, enerji sistemi temelli bir sınıflandırma ile daha anlamlı hale getirilebilir (Archacki et al., 2024; Açıkada, 2021). Literatür çalışmalarında genellikle BT'nin belirli spor dallarındaki etkileri incelenmiş ancak doğrudan enerji sistemlerine göre sınıflamanın yapıldığı çalışmalara rastlanamamıştır. Bu derlemenin amacı, yapılan aktivitenin metabolik taleplerine göre baskın enerji sistemlerine uygun BT belirlenmesi ve mevcut bilimsel kanıtlar ışığında değerlendirilmesidir. Böylece hem sporcular hem de spor bilimci ve beslenme uzmanları için daha etkili BT stratejileri geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Enerji Sistemleri ve Spor Türleri

Sporcu yaşı, antrenman geçmişi gibi etkenlerin yanı sıra egzersiz süresi ve yoğunluğu kullanılacak enerji sisteminin türünü belirleyen ana unsurların başında gelir (Andre et al., 2024). Bu enerji sistemleri fosfojen sistem (ATP-PCr sistemi), glikolitik sistem ve aerobik sistem olmak üzere bütünsel üç grubu ifade eder (Archacki et al., 2024; Yıldız et al., 2012). Aşağıdaki bölümlerde bu üç sistem ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Fosfojen sistem: ATP-PCr Sistemi (Alaktik Anaerobik Enerji)

Depo ATP'nin yanı sıra kasta hazır enerji kaynağı olarak kullanılan fosfojen molekülü kreatin fosfat (CP) ADP ve AMP'nin ATP'ye yeniden fosforilasyonu mekanizmasına katkı sağlar. Bunu kreatin (C) ve fosfor (P) moleküllerine parçalanması esnasında ortaya çıkan enerji sayesinde gerçekleştirir. 8-10 saniye süreye kadar çıkabilen aktivitelerde gerekli enerji kaynağı fosfojen sistemin katkılarıyla sağlanır (Açıkada, 2021; Archacki et al., 2024). Çok hızlı enerji sağlayabilen bu yol kaslarda depo edilebilen ATP ve CP'ye bağlıdır ve oksijen gerekmez hızlı enerji sağlayabilir (Açıkada, 2021). Halter, 100 m kısa mesafe, 25 m hızlı yürüme, 25 m yüzme ağırlık kaldırma, yüksek atlama, uzun atlama gibi kısa süreli yüksek yoğunluklu aktiviteler ya da futbol, basketbol gibi takım sporlarında sprint koşu, hızlanma, şut atma, sıçrama topa vuruş vb. sırasında ihtiyaç duyulan hızlı enerji kaynağının baskın olarak bu yol ile karşılandığı bilinmektedir (Yıldız et al., 2012; Ulupınar, 2020).

Laktik Anaerobik Enerji Sistemi: Glikolitik Sistem (Anaerobik Glikoliz)

Fosfojen sistem gibi anaerobik koşullarda enerji üretimine katkı sağlayan bu sistem, kan glikozu veya kas glikojeninin parçalanarak laktik asiti meydana getirmesi ve 2-4 ATP molekülü oluşturmaya dayanır. Hücre sitoplazmasında meydana gelen bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan enerjinin 10 saniyeden uzun ve 3 dakikadan daha kısa çalışma süreleri için katkı sağladığı kabul edilmektedir (Açıkada, 2021; Archacki et al., 2024). Fosfojen sistemden daha yavaş ancak nispeten uzun süreli enerji sağlayan glikolitik sistem 200 m yüzme, 1500 m sürat pateni, 800 m koşu gibi aktivitelerde baskın enerji kaynağı olarak kullanılır (Ulupınar, 2020).

Araştırmalar, 6 saniyeye kadar süren egzersizlerde fosfojen sistem, 6-60 saniye arası egzersizlerde ise en baskın enerji kaynağının anaerobik glikoliz olduğunu göstermektedir (Ulupınar, 2020). Egzersiz süresi uzadıkça katkısı azalan fosfojen sistemin yerini giderek anaerobik glikoliz alır ve birtakım metabolik değişiklikler meydana gelir. Hücre içi ve dışı sıvılarda laktik asit birikimiyle birlikte hidrojen (H^+) miktarında artışlar olur. Bu durum ortam pH'ını düşürerek asiditeyi artırır (Andre et al., 2024). Düşük kas pH'ı glikolitik enzimleri inhibe eder, ATP yeniden sentezlenmesini engeller, aynı zamanda sarkoplazmik retikulumdan gelen kalsiyum iyonlarıyla rekabeti artırır (Wang et al., 2019). Bu durum kasın kuvvet üretememesine ya da üretilen kuvvetin sürdürülememesine sebep olur. Vücutta egzersiz sırasında bozulan pH dengesini sağlamaya yönelik tamponlama sistemleri mevcuttur ve bu sistemler çeşitli beslenme manipülasyonları ile desteklenebilir (Curran-Bowen et al., 2024).

Oksidatif Sistem (Aerobik Enerji Sistemi)

Oksijen varlığında ve mitokondrial solunum aracılığıyla ATP'nin yeniden üretilmesi metabolizmasına dayanır. Uzun süreli olurken diğer yandan en yavaş enerji üretiminin gerçekleştiği bu sistemde aktivitenin şiddetine bağlı olarak serbest yağ asitleri ve glikojen depoları, karbonhidrat, lipid ve amino asit oksidasyonu aracılığıyla ATP oluşumuna katkı sağlanır (Ulupınar, 2020; Archacki et al., 2024). Düşük şiddetli egzersizlerde enerji üretiminde serbest yağ asitleri daha baskınken, egzersiz şiddeti arttıkça artan ATP ve oksijen gereksinimi nedeniyle kas hücreleri giderek daha fazla glikojen kullanımına yönelir (Açıkada, 2021).

Bir aktivite sırasında kullanılan enerji sistemlerinin baskınlığı sürenin ve şiddetin düzeyine göre değişir. Uzun süreli ve düşük-orta şiddetli çalışmalarda aerobik sistem, kısa-orta süreli ve yüksek şiddetli çalışmalarda anaerobik sistemden glikolitik sistem, yüksek şiddet ve çok kısa süreli aktiviteler için ise fosfojen sistem ön plandadır (Açıkada, 2021; Ulupınar, 2020).

Egzersiz Fizyolojisi Perspektifinden Besin Takviyesi Kullanımı

Enerji sistemlerinin etkinlik düzeyi, kasın enerji talebini ve buna bağlı metabolik özellikleri değiştirmekte, bu da takviye seçiminde farklılaşmaya yol açmaktadır. Bu kısımda, ilgili enerji sistemleri bağlamında öne çıkan takviyelerden protein, karbonhidrat, kreatin monohidrat, beta-alanin, sodyum bikarbonat, beta-hidroksi-beta-metilbütirat ve kafein ile bu takviyelerin fizyolojik rolleri değerlendirilecektir.

Protein

Proteinler, insan beslenmesinde hayati rol oynayan, amino asit adı verilen yapı taşlarının genetik olarak belirlenmiş bir dizisinden oluşan organik bileşiklerdir ve makro besin öğeleri arasında önemli bir yer tutar (Zhao et al., 2024). Literatürde yer alan çalışmalar egzersiz sonrası protein alımının kas protein sentezini artırdığı ve bunun zamanla kas hipertrofisi ile güç kazanımına katkı sağladığını; aynı zamanda egzersiz sırasında oluşan yorgunluk hissinin giderilmesine yardımcı olduğunu bildirmektedir (Pourabbas et al., 2021). Performansın en önemli sınırlayıcılarından biri olan yorgunluğun (Tuncel, 2018) giderilmesi, toparlanma sürecinin hızlandırılması ve kas hasarını azaltmada etkili olduğu düşünüldüğünden egzersizden sonraki ilk 2 saat içinde muhakkak protein tüketimi önerilmektedir (Jäger et al., 2017).

Genel fitness programına katılan bireylerin günlük protein gereksinimi 0,8-1.0 g/kg protein arasında yeterli kalmaktadır. Ancak rekabetçi sporlar ile uğraşan sporcular ya da yoğun antrenman yapan bireylerde bu miktarlar yeterli değildir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) sağlıklı yetişkinler için günlük 0,83 g/kg kaliteli protein alımının yeterli olduğunu vurgulamaktadır (Zhao et al., 2024). Buna karşılık dayanıklılık sporcuları ve takım sporu ile uğraşan sporcular için genel öneriler 1.2-2.0 g/kg /gün kaliteli protein alımı şeklindedir. Kuvvet antrenmanı yapan sporcular için 1.6-1.7 g/kg/gün kaliteli protein alımı önerilirken; düzenli direnç egzersizi ile kas hipertrofisini optimize etmek için bir protein kaynağının porsiyon başına 1,7–3,5 g lösün olmak üzere 6–15 g elzem amino asit sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır (Teixeira et al., 2022). Halter gibi ana unsuru patlayıcı güç gerektiren sporlarda ise günlük protein alımı 1.6-2.2g/kg olarak bildirilmektedir (Hwang & Yang, 2025). ISSN 2017 yılı bildirisine göre egzersiz yapan bireylerde protein alımının zamanlaması gün içine eşit aralıklarla (yaklaşık 3–4 saatte bir) dağıtılması şeklinde planlandığı takdirde kas adaptasyonlarını optimize etmede daha başarılı olduğu belirtilmiştir(Jäger et al., 2017).

Diyetle protein alımı et, tavuk, balık, yumurta, kuru baklagiller gibi besin kaynaklarının tüketiminin yanı sıra protein desteği bakımından değerlendirildiğinde, direnç antrenmanı yapan yetişkinlerde yüksek protein içeriğine sahip süt ürünlerinin tüketiminin bu popülasyonda olumlu vücut kompozisyonu etkileri ortaya koyabileceği söylenebilir (Pourabbas et al., 2021). Bu bağlamda protein kaynağı türüne göre yapılan çalışmalardan bazıları hayvansal kaynaklı whey proteini ile bitkisel protein kaynaklarından pirinç, bezelye veya soya gibi protein kaynaklarını kıyasladığında benzer sonuçlar bulurken kimi çalışmalar whey proteininin daha üstün sonuçlar ortaya koyduğunu bulmuştur (Teixeira et al., 2022) Yakın tarihli çalışmalar ise protein türü fark etmeksizin karbonhidratla birlikte alımının merkezi yorgunluğun azaltılması, kas onarımı, doku yenilenmesi ve enerji kaynaklarının korunması (Ayhanci et al., 2025) dolayısıyla hem aerobik hem de anaerobik kapasitenin geliştirilmesi bakımından daha etkili olabileceğini göstermiştir. Optimum karbonhidrat:protein oranının 3-4:1 olması tavsiye edilmektedir (Zhao et al., 2024). Bird ve arkadaşları (2024), bir derleme çalışmasında kuvvet ve güç sporcularında karbonhidrat, protein ve amino asit takviyelerinin atletik performans parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yazarlar egzersiz öncesi ve sonrası protein (20–40 g) alımının kas protein sentezini desteklediğini, lösün içeriği yüksek protein kaynaklarının anabolik yanıt bakımından daha avantajlı olduğunu, karbonhidratla birlikte tüketiminin ise toparlanmayı hızlandırdığını vurgulamıştır (Bird et al., 2024). Egzersiz dönemlerine yönelik uygun beslenme, enerji dengesinin korunmasıyla birlikte glikojen depoları, kas onarımı, doku yenilenmesi ve performans gelişimini destekleyen yeterli karbonhidrat ve protein alımını gerektir

Protein alımının egzersiz sonrası adaptasyonlardaki rolü çoğunlukla direnç antrenmanlarıyla ilişkilendirilse de dayanıklılık egzersizlerinde de 20–40 g yüksek kaliteli protein alımının kas protein sentezini, mitokondriyal biyogenezi ve kapillarizasyonu artırarak iyileşmeyi desteklediği gösterilmiştir. Dolayısıyla, egzersiz sonrası protein desteği teorik olarak dayanıklılık temelli antrenmanlarda da fayda sağlayabilir; ancak düşük hacimli HIIT protokolleri üzerindeki etkisine ilişkin veriler halen sınırlıdır (Reljic et al., 2022). Witard, Hearn ve Morgan (2025), dayanıklılık sporcularında protein alımının toparlanma ve antrenman adaptasyonları üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışma bulguları genellikle 1,5–1,8 g/kg/gün protein alımının dayanıklılık temelli adaptasyonları desteklediğini, ancak enerji veya karbonhidrat kısıtlaması durumunda bu gereksinimin 2,0 g/kg/gün düzeyine çıkabileceğini göstermiştir. Ayrıca, protein zamanlaması ve öğünlere eşit dağıtımının, toparlanma süreçlerini optimize etmede neredeyse karbonhidratla birlikte alım kadar önemli olduğu vurgulanmaktadır (Witard et al., 2025).

Çeşitli çalışma tasarımlarıyla elde edilen kanıtlar bir arada değerlendirildiğinde, protein takviyesinin antrenman adaptasyonlarına katkısının büyük ölçüde antrenman tipi, başlangıçtaki enerji/protein alımı, takviye dozu ve protein kaynağı gibi değişkenlere bağlı olduğu görülmektedir. Karpouzi ve ark. (2025) tarafından yapılan randomize kontrollü bir çalışmada farklı protein takviyelerinin rekreasyonel düzeyde antrene bireylerdeki etkisi incelenmiştir. 30 kadın ve erkek katılımcı 6 hafta süreyle haftada 3 gün uygulanan yüksek yoğunluklu fonksiyonel antrenman (HIFT) programına dahil edilmiştir. Katılımcıların izokalorik diyetlerle günlük ~1.0 g/kg protein alımı sağlanırken her bir müdahale döneminde antrenman süresince ek olarak 0.6 g/kg/gün olacak şekilde yumurta akı (egg white), peynir

altı suyu (whey) veya maltodekstrin (plasebo) verilmiştir. Sonuçlar, 6 haftalık HIFT'in üst ekstremitte kuvveti ve core dayanıklılığını artırdığını ve egzersiz kapasitesini iyileştirdiğini gösterse de türü fark etmeksizin yapılan protein desteğinin HIFT'e özgü adaptasyonları iyileştirdiğine dair istatistiksel bulgulara ulaşılamamıştır. Bu bulgular, HIFT kapsamında kısa dönem protein takviyesinin ergojenik katkısının sınırlı olabileceğini düşündürmektedir (Karpouzi et al., 2025). Çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; (1) tek başına post-antrenman protein takviyesinin kısa-orta vadeli, düşük-hacimli kardiyo veya HIFT protokollerinde her zaman ek fayda sağlamayabileceği, (2) direnç antrenmanına ilave olarak protein (ve karbonhidrat) alımının artırıldığı durumlarda protein takviyesinin yağsız kütle ve güç kazanımını destekleyebileceği görülmektedir.

Karbonhidrat

Literatür çalışmaları orta ve yüksek şiddetteki egzersizlerde tercih edilen birincil enerji kaynağı olarak karşımıza çıkan karbonhidratların dayanıklılık sporlarında ön plana çıkarak performansını artırmada etkili olduğunu göstermiştir (Henselmans et al., 2022). Yüksek glikojen seviyeleri yeterli kas fonksiyonunu ve daha düşük metabolik bozuklukların meydana gelmesini sağlar, bu durum egzersizle ilişkili kas hasarının azalmasına katkı sağlar. Buna karşın yetersiz karbonhidrat alımı hipoglisemi, glikojen düzeylerinin düşmesi ve kas yorgunluğuna sebep olabilir. (Viribay et al., 2020) Egzersiz sırasında, kan şekeri seviyeleri 3,9 mmol·L⁻¹'in altına düştüğünde, beyin motor kontrol merkezleri ve sinir sisteminin kas liflerini harekete geçirme kapasitesi tehlikeye girer (Cao et al., 2025). Bu bağlamda egzersiz sırasında yeterli karbonhidratın sağlanması kan şekeri ve kas glikojen içeriğini korumada iyi bir strateji olarak performansın iyileşmesine katkı sağlayabileceği düşünülebilir.

Kas ve karaciğerde sırasıyla yaklaşık 80–120 g ve 350–700 g glikojen depolanabilir. Direnç antrenmanı sonrası düşük glikojen seviyeleri kas protein sentezini önemli ölçüde etkilemezken, güç performansını ve antrenman hacmini sınırlandırabilir. Bu nedenle, literatürde güç sporcuları için 4–7 g/kg/gün, ağır anaerobik egzersiz yapanlar için 8–10 g/kg/gün karbonhidrat alımı önerilmekte ve bu değerler dayanıklılık sporcuları için önerilen 6–12 g/kg/gün aralığına yakın bulunmaktadır (Henselmans et al., 2022). Aerobik karbonhidrat oksidasyonunun yüksek yoğunluklu etkinlikler sırasında sporcular için birincil enerji kaynağı olarak hizmet ettiği göz önüne alındığında yarıştan önce yetersiz glikojen depoları veya etkinlik sırasında yetersiz karbonhidrat takviyesi, enerji taleplerini karşılama yeteneğini bozabilir ve potansiyel olarak sonraki aşamalarda yarış temposunda bir düşüşe yol açabilir (Cao et al., 2025). Ultra dayanıklılık etkinliklerinde sporcular genellikle saatte yaklaşık 60 g karbonhidrat (KH) tüketmektedir; ancak mevcut öneriler, glukoz (SGLT-1) ve fruktoz (GLUT5) taşıyıcılarının birlikte kullanımına dayalı olarak 90 g KH/saat alımının performansı artırmada daha etkili olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda 120 g KH/saat tüketen sporcuların ultra dayanıklılık yarışlarında yorgunluk başlangıcının geciktiğini ve daha yüksek performans sergilediklerini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Viribay et al., 2020). Bilimsel olarak desteklenen karbonhidrat takviyesi, uzun mesafe dayanıklılık etkinliklerinde sonuçları doğrudan veya dolaylı olarak iyileştirmenin en etkili yollarından biri olarak ortaya çıkmaktadır (Cao et al., 2025).

Kreatin Monohidrat

Kreatin (Cr) hayvansal protein kaynaklarından elde edilen ya da arjinin, glisin ve metionin amino asitlerinden birtakım enzimler aracılığıyla karaciğer, böbrekler ve pankreasta endojen olarak üretilen, azotlu bir organik asittir (Forbes et al., 2023; Gonzalez et al., 2024). %95'i iskelet kasında depolanan kreatinin yaklaşık %66'sı PCr ve geri kalanı serbest Cr formunda bulunur (Kreider et al., 2017). Temel besin kaynağı kırmızı et ve deniz ürünleri olan Cr dengeli bir diyet (1-2 g/gün Cr içerir) ile alındığı takdirde depolarının %60-80'i doldurulabilir. Buradan yola çıkılarak kreatin monohidrat (CrM) takviyeleriyle depoların %20-40 oranında doldurulmasına katkı sağlanabileceği söylenebilir (Fernández-Landa et al., 2023)

Direnç antrenmanları sonucu kasta meydana gelen adaptasyonları artırmada etkili kabul edilen sayılı BT'den biri Cr olarak karşımıza çıkmaktadır. Cr takviyesi iskelet kasının toplam Cr rezervlerini artırarak egzersiz sırasında kullanılan ATP'nin yeniden fosforilasyonu işlemine katkı sağlar. Böylece yüksek

yoğunluklu egzersizin sürdürülebilmesine olanak verilir. Ayrıca Cr insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1), uydu hücreleri, hücrel hidrasyon, glikojen depoları, inflamasyon ve oksidatif stresi de etkileyerek kas kütlesi artışına yardımcı olabilir (Burke et al., 2023). Aynı zamanda Cr desteği, kas hücrelerinde kalsiyum geri alımını artırarak kas kasılmalarının verimini yükseltmede ve bu yol ile enerji üretim süreçlerinin iyileştirilmesine destek sağlayabilir (Forbes et al., 2023).

İki farklı yükleme protokolü ile kaslardaki Cr ve PCr depolarında artış sağlanabilmektedir. Bunlar yavaş ve hızlı yükleme olarak tanımlanmaktadır. En efektif yöntem olarak öne sürülen hızlı yükleme protokolüne göre günlük 4 doz 5 g CrM (ya da yaklaşık 0.3g/kg) 5-7 gün süresince alınır. Maksimum doygunluğa ulaşıldığında yüksek Cr konsantrasyonunu sürdürmek için CrM'nin idame dozu 3-5 g/gün (3 g/gün veya 0,03 g/kg vücut ağırlığı) önerilir. Alternatif yöntem yavaş yükleme protokolünde ise en az 28 gün boyunca idame dozunun (3 g/gün veya 0,03 g/kg vücut ağırlığı) alınması önerilir (Fernández-Landa et al., 2023; Kreider et al., 2017; Dinan et al., 2022)

Yapılan çalışmalarda CrM'nin özellikle güç, kuvvet ve anaerobik metabolizma ile ilişkili çeşitli performans parametrelerinde belirgin ölçüde fayda sağladığı gösterilmiştir ancak dayanıklılık performansındaki etkileri henüz net değildir (Burke et al., 2023). Bazı çalışmalar proton tamponlama kapasitesi, glikojen depolarının artırılmasıyla birlikte yorgunluğu geciktirme gibi etkileriyle dayanıklılık performansını geliştirebileceğini bildirirken; vücut ağırlığını artırması dolayısıyla tam tersi etki gösterebileceğini de vurgulamaktadır (Fernández-Landa et al., 2023).

Cr takviyesinin adölesanlar, yetişkinler ve yaşlı bireylerde akut egzersiz kapasitesi ve direnç antrenmanlarına adaptasyonu geliştirdiği; kas gücü, dayanıklılığı ve kuvvetine katkı sağladığı çalışmalarda ortaya konmuştur (Forbes et al., 2023). Potansiyel ergojenik yararları tek ve tekrarlı sprint performansında artış, antrenman esnasında kuvvet adaptasyonları ve kas kütlesinin artışı, glikojen sentezinin desteklenmesi ve/veya kas glikojen depolarının korunumunu sağlaması, artırılmış anaerobik eşik ve hızlı toparlanma gibi etkiler halinde sıralanabilir. Artmış PCr konsantrasyonları Wingate ya da 60-200 m sprint veya 50 m yüzme gibi müsabakalarda destek olabilirken; PCr resentezinin geliştirilmesi basketbol, buz hokeyi, voleybol, hentbol, futbol gibi takım sporlarında performans iyileşmelerine katkı sağlayabilmektedir (Kreider et al., 2017;Dinan et al, 2022; Forbes et al., 2023). Dinan ve ark. (2022) tarafından gerçekleştirilen randomize çift kör plasebo kontrollü bir araştırmada erkek ve kadın üniversite sporcuları üzerinde, Cr takviyesi zamanlamasının sekiz haftalık direnç antrenmanı süreci boyunca kas adaptasyonları ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Katılımcılar aynı dozda (5g) Cr takviyesini egzersizden 1 saat önce veya 1 saat sonra almışlardır. Sekiz haftanın sonunda, her iki grupta da kas kütlesi, yağsız vücut kütlesi ve kuvvet kazanımı açısından anlamlı gelişmeler gözlenmiştir. Ancak, Cr alım zamanlaması bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Dinan et al., 2022). Fiziksel olarak aktif genç yetişkinlerde direnç antrenmanı sırasında Cr takviyesinin kas kütlesi ve egzersiz performansı üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlayan bir diğer çalışmada ise katılımcılara 6 hafta süresince Cr takviyesi uygulanmıştır. Haftada 5 gün, günde toplam 18 set halinde direnç antrenmanı uygulanmış ve her set sonrası 0,0055g/kg kreatin ya da 50 ml plasebo içeren içecekler verilmiştir. Sonuçta Cr grubunda leg press, chest press ve toplam vücut kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülürken plasebo grubunda belirgin farklılıklar olmadığı gözlenmiştir. Leg press dayanıklılığı Cr grubunda anlamlı biçimde gelişmiş; her iki grupta da toplam vücut dayanıklılığı zamanla artış göstermiş, fakat Cr grubu daha büyük kazanımlar elde etmiştir (Mills et al., 2020). Elde edilen bulgular, antrenman sırasında kreatin alımının kas adaptasyonlarını optimize ederek performans gelişimini destekleyebileceğini; özellikle yüksek hızlanma ve kısa süreli güç gerektiren sporlarda performansa olumlu katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Forbes et al., 2023).

Beta-alanin

Dinlenme durumunda insan kanı hafif alkali (pH ~ 7,4) iken kaslar nötrdür (pH ~ 7.0) (Wang et al., 2019). Egzersizin ilerlemesiyle birlikte laktik asit laktata ayrışır, serbest H⁺ üretiminde artış meydana gelir. Bu durum hücre içi tamponlama kapasitesinin aşılmasına sebep olur ve kasın pH değeri düşer (Hobson et al., 2012). Kas dokusundaki kas içi tamponlar (fosfat, karnosin vb) ya da hücre dışı tamponlayıcı moleküller (bikarbonat) pH değişimlerine karşı ilk savunma hattını oluşturur (Andre et

al., 2024). Kaslarda H^+ birikiminin PCr'nin yeniden sentezini engellediği, glikolizi inhibe ettiği ve kas kasılma mekanizmasının işleyişini bozduğu görülmektedir (Hobson et al., 2012; Saunders et al., 2017).

Karnosin, kas hücrelerinde sitoplazmada bulunan bir dipeptittir ve etkili bir asit-baz tamponu görevi görür (Hobson et al., 2012). Literatürde karnosinin kas kasılmasını iyileştirdiği, hızlı liflerde miyofibriller kalsiyumun duyarlılığını artırdığı ve intramiyosit tampon kapasitesinin %8-15'i olmak üzere asidozla ilişkili performansın sınırlayıcı etkilerini azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir. (Fernández-Lázaro et al., 2023). Ancak doğrudan karnosin takviyesi alım durumunda iskelet kasına varmadan metabolize edildiğinden karnosin düzeylerinin artışına bir katkısı olmadığı saptanmıştır. Öte yandan beta-alanin takviyesinin düzenli kullanımla karnosin düzeylerinde artış sağladığı bildirilmiştir (Andre et al., 2024).

Ergojenik etkisini karnosin sentezinin öncüsü olmasıyla gösteren beta-alanin karaciğerde sentezlenen ve esansiyel olmayan bir amino asittir. Kaslardaki karnosin konsantrasyonunu önemli ölçüde artıran A kanıt derecesine sahip bir BT olarak kabul edilmektedir (Fernández-Lázaro et al., 2023). Beta-alanin takviyesinin, kas içi asitliği artıran aralıklı yüksek yoğunluklu egzersizler sırasında yararlı etki sağladığı bildirilmektedir. Özellikle 1-4 dakika süren aktivitelerde bu takviyenin performans üzerindeki olumlu etkilerinin daha belirgin olduğu belirtilmiştir (Saunders et al., 2017).

Tek doz beta-alanin takviyesinin kas karnosin düzeylerini artırmada yetersiz olduğu bildirilmiştir. Bunun yerine günde en az 1.6g olmak üzere 3.2-6.4g aralığında ve 4-12 hafta süreyle kullanılması önerilmektedir (Gilsanz et al., 2023). Öte yandan 4-6 g dozunda, en az 2-4 hafta süreyle kullanımının kas karnosin düzeylerini artırmada yeterli olduğunu gösteren kanıtlar da mevcuttur. Tek seferde 2 g'dan fazla alınması parestezi riskini artırırken, dozun gün içine bölünmesi bu etkiyi azalttığı gözlenmiştir. Öğünlerle birlikte alındığı takdirde biyoyararlanımın arttığı raporlanmıştır (Andre et al., 2024). Optimum yükleme ve idame dozları hâlâ net olarak tanımlanamamış olsa da çalışmalarda en az 2-4 hafta boyunca 4-6 g/gün dozlarında beta-alanin alımının karnosin düzeyini %20'den %30'a ve %40'tan %60'a olmak üzere önemli ölçüde artırdığı, 10 haftanın sonunda yaklaşık %80'lik bir artış sağlayabileceği gözlenmiştir (Fernández-Lázaro et al., 2023).

Elit düzeyde antrenmanlı 18 judocu ile yapılan bir çalışmada beta-alanin takviyesinin anaerobik performans etkisi araştırılmıştır. Sporcular, 6 hafta boyunca günde 6.4 g beta-alanin veya plasebo alacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Sonuçlar, beta-alanin grubunda Wingate testinde zirve güçte %9, ortalama güçte %7 artış ve yorgunluk indeksinde belirgin azalma olduğunu göstermiştir. Ancak vücut kompozisyonu ve toplam vücut kütlesinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bulgular benzer şekilde beta-alanin takviyesinin elit judocularda anaerobik güç ve yorgunluk direncini artırabileceğini ortaya koymaktadır (Halz et al., 2022). Cimadevilla-Fernández-Pola ve ark. (2024) tarafından yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada, yüksek yoğunluklu fonksiyonel antrenman (HIFT) yapan 24 erkek ve kadın sporcu üzerinde 4 hafta boyunca günde 6.4 g beta-alanin takviyesinin etkileri araştırılmıştır. Beta-alanin takviyesi alan grupta, antrenman performans süresinin %8 oranında arttığı, ayrıca algılanan yorgunluk düzeyinin anlamlı düzeyde azaldığı ($p < 0.05$) tespit edilmiştir. Ancak, vücut yağ oranı ve kas kütlesinde belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir (Cimadevilla-Fernández-Pola et al., 2024). Marko ve ark. (2025) orta ve uzun mesafe adölesan koşucularında beta-alaninin aerobik performans etkisini incelemiştir. Sonuçta katılımcıların yorgunluğa kadar geçen süre ortalamalarında %13'lük bir artış gözlenirken ($p < 0.01$); VO_{2max} değerleri ve vücut kompozisyonunda anlamlı bir değişiklik tespit edilememiştir (Marko et al., 2025). Sonuç olarak beta-alanin takviyesinin, özellikle 0,5-10 dakikalık yüksek yoğunluklu egzersizlerde belirgin ergojenik etki gösterdiği; kısa süreli (<30 sn) aktivitelerde ise faydanın sınırlı olduğu söylenebilir.

Sodyum Bikarbonat

Anaerobik egzersiz performansını iyileştirdiği ve kas gücünü sürdürdüğü iddia edilen bikarbonat (Siegler et al., 2018) hücre dışı bir anyondur. H^+ iyonlarını uzaklaştırmada yardımcı, pH tamponlama sisteminin en önemli moleküllerinden biridir ve endojen olarak da üretilebilir (Curran-Bowen et al., 2024; Grgic, 2022).

Literatür çalışmaları sodyum bikarbonatın oral alımı (vücut ağırlığının kilogramı başına 0.2-0.3 g) sonucu endojen bikarbonat üretiminin akut olarak artırılabilirliğini göstermiştir (Andre et al., 2024). En yaygın takviye alım protokolü 0.3 g/kg dozundadır (Curran-Bowen et al., 2024) ve egzersizden 120–150 dakika önce alınması önerilir. Etkili doz aralığı 0.2–0.5 g/kg arasında değişmekte olup, 0.4 g/kg ve üzerindeki miktarlarda gastrointestinal rahatsızlıklar daha sık görülmektedir (Andre et al., 2024). Sodyum bikarbonat takviyesi alımının temel amacı kandaki bikarbonat düzeyini artırmaktır (Grgic, 2022). Dolaşımdaki bikarbonatın artışı kan pH değerini yükseltir, aynı zamanda egzersiz nedeniyle hücrelerden taşan H^+ ve laktat iyonlarının taşınmasını artırır (Wang et al., 2019), böylece egzersiz sırasında meydana gelen asidozu sınırlar (Andre et al., 2024). Bu sebepten dolayı enerji sağlama için baskın yol olarak anaerobik glikolizin kullanıldığı yüksek metabolik talep gerektiren egzersizlerde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Ancak, son araştırmalar sodyum bikarbonatın hızlı, patlayıcı kuvvet üretimini de etkileyebileceğini göstermektedir (Siegler et al., 2018). Sonuç olarak takviye yoluyla desteklemek kasın tamponlama kapasitesini artırırken kas yorgunluğunu da geciktirerek sporcunun performans gelişimine katkı sağlayabilir (Curran-Bowen et al., 2024).

Jozo Grgic (2022) tarafından yapılan bir meta-analiz çalışmasında, sodyum bikarbonat alımının Wingate anaerobik test performansına etkisi incelenmiştir. Analize toplamda 10 çalışma dâhil edilmiştir. Bulgular, tek seferlik Wingate testlerinde ortalama ve maksimum güç bakımından deney grubu ile plasebo grubu arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Buna karşılık, tekrarlı Wingate testlerinde, özellikle 2. ve 4. testlerde, ortalama güçte; 3. testte maksimum güçte anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu sonuçlar, sodyum bikarbonat takviyesinin anaerobik performansı kısa süreli tek testlerden ziyade tekrarlı yüksek yoğunluklu eforlarda anlamlı düzeyde geliştirebileceğini göstermektedir (Grgic, 2022). Wang ve ark. (2019) tarafından yürütülen randomize plasebo kontrollü bir çalışmada üniversite öğrencilerinde 6 haftalık yüksek yoğunluklu interval antrenman (HIIT) sırasında sodyum bikarbonat takviyesinin anaerobik performansa etkisi araştırılmıştır. Katılımcılara antrenman öncesi 0.2g/kg sodyum bikarbonat içeren içecek veya plasebo içecek verilmiştir. Antrenmanlar haftada 3 gün yapılmış ve Wingate anaerobik testleri ile maksimum güç, ortalama güç ve laktat düzeyleri ölçülmüştür. Sonuçlar, deney grubunda maksimum güç ve ortalama güçte anlamlı artışlar ortaya koyarken laktat düzeylerinde belirgin azalma eğiliminde olmuştur (Wang et al., 2019). Buna karşın, Siegler ve ark. (2018) benzer şekilde sodyum bikarbonat takviyesinin direnç antrenmanı sırasında yorgunluğu azaltıp maksimum tork ve tork gelişim hızında kısa vadeli (%20) artış sağladığını bulmuş, fakat 10 haftalık kronik kullanım sonucunda 1RM (1 tekrar maksimum) ve diğer güç ölçümlerinde anlamlı bir gelişme gözlenmediğini ortaya koymuştur. Bu karşılaştırma, sodyum bikarbonatın akut performans üzerinde etkili olabileceğini ancak uzun süreli antrenman adaptasyonlarını artırmada herhangi bir etkisinin olmadığını düşündürmektedir. Dolayısıyla HIIT gibi kısa süreli, yüksek yoğunluklu egzersizlerde daha belirgin fayda sağlarken, direnç antrenmanı gibi uzun süreli adaptasyon gerektiren programlarda sınırlı etkileri olduğu söylenebilir (Siegler et al., 2018). Özetle beta-alanin ve sodyum bikarbonat takviyelerinin süre ve şiddet bakımından farklılık gösteren kürek, yüzme, bisiklet, koşu, tekrarlı sprint performansı, takım ve dövüş sporları gibi farklı egzersiz türlerinde performans artışı sağlayabildikleri gösterilmiştir. Bu iki takviye, kas içi ve dışı tamponlama sistemlerini destekleyerek pH dengesini korur. Dolayısıyla birlikte kullanımları, tek başına alıma göre ek performans kazancı sağlayabilir (Grgic et al., 2021; Curran-Bowen et al., 2024).

Beta-Hidroksi-Beta-Metilbütirat (HMB)

HMB dallı zincirli amino asitlerden lösinin doğal bir metabolitidir. Aerobik güç ve kapasite, anaerobik kapasite, kuvvet, vücut kompozisyonu, kas hasarı, hormonal profiller (testosteron veya kortizol düzeyleri) gibi unsurlar bakımından performansa katkı sağladığı iddia edilmekle (Durkalec-Michalski et al., 2017) birlikte ana rolü protein sentezini uyarmak olarak bilinmektedir (Fernández-Landa et al., 2019). Yapılan çalışmalarda direnç antrenmanı öncesi alınan HMB takviyesiyle birlikte, azalmış laktat dehidrogenaz seviyelerinin arttığı dolayısıyla yorgunluğun giderilmesine yardımcı olduğu da gözlenmiştir (Bayram ve Öztürkcan, 2020).

HMB'nin olası ergojenik rolünün temel kaynağı antikatabolik etki mekanizmasına dayandırılmaktadır (Durkalec-Michalski et al., 2017). Kas protein sentezinin artışı ve protein yıkımının baskılanması

yoluyla kas kütlesinin korunmasına katkı sağlamanın yanı sıra antiinflamatuvar özellikleri sayesinde egzersiz sonrası kas hasarını ve ağrıyı azaltarak toparlanma süreçlerini destekleyebilmektedir (Rathmacher et al., 2025). Pek çok çalışma kas kütlesi, gücü ve aerobik kapasiteyi geliştirdiğini desteklese de bazı çalışmalarda bu etkinin görülmediği, özellikle de adölesanlarda güvenli doz çalışmalarının henüz yapılmadığı öne sürülmektedir (Bayram ve Öztürkcan, 2020). Araştırmacılar HMB'nin etkinliğini doğrulayan daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmekle birlikte yapılan müdahalelerde HMB'nin temel formu olan kalsiyum tuzu HMB-Ca'nın kullanıldığını buna ek olarak güncel çalışmalarda daha etkili ve yeni bir form olan serbest asit HMB-FA formülünün kullanıldığını belirtmişlerdir (Kaczka et al., 2019; Rathmacher et al., 2025). Bununla birlikte, mevcut literatüre dayanarak, HMB-FA'nın HMB-Ca'ya kıyasla biyoyararlanımının daha yüksek olduğu kabul edilmelidir (Durkalec-Michalski et al., 2025). Doz çalışmalarından yola çıkılarak yetişkinlerde 3 g/gün HMB'nin önerilen doz aralığında olduğu görülmektedir. Alım dozu egzersizden 60-120 dk önce 1-2 g HMB-Ca ya da 30-60 dk önce 1-2 g HMB-FA dozu şeklinde önerilmektedir. Optimal etki için yüksek yoğunluklu egzersizden 2 hafta önce eşit porsiyonlarda toplam 3 g/gün HMB alımı tavsiye edilmiştir (Bayram ve Öztürkcan, 2020). Araştırmacılar literatürde önerilen dozlarda alım sağlandığı takdirde HMB takviyelerini güvenli ve sağlığa olumlu katkılar sağlayabilir bir BT olarak varsaymaktadır (Kaczka et al., 2019).

Yüksek düzeyde antrenmanlı dövüş sporcularında 12 haftalık HMB takviyesinin (3 g/gün) etkilerinin incelendiği bir çalışmada HMB'nin yağsız vücut kütlesinde yaklaşık %1,5'lik bir artış, yağ kütlesinde azalma ve Wingate testiyle değerlendirilen anaerobik güç performansında anlamlı gelişme sağladığı bildirilmiştir (Durkalec-Michalski et al., 2017). Aynı araştırma grubunun daha yakın tarihli çalışmasında (Durkalec-Michalski ve ark., 2025), antrenmanlı ve antrenmansız erkeklerde 8 haftalık yüksek doz HMB takviyesinin (3 g/gün) vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri değerlendirilmiş; ancak yağsız kütle, yağ oranı ve genel performans değişkenlerinde anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$). Bu bulgular, HMB'nin ergojenik etkilerinin bireylerin antrenman düzeyi, uygulama süresi ve antrenman yüküne duyarlı olabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, Haj Salimi ve Rahmini-nia (2019) tarafından genç erkekler üzerinde yürütülen 6 haftalık direnç antrenmanı çalışmasında, HMB takviyesinin (3 g/gün) 1 tekrar maksimum (1RM) bench press ve leg press performansında anlamlı artışlara yol açtığı ($p < 0.05$), ancak kas kütlesi ve vücut yağ oranında anlamlı değişim oluşturmadığı bildirilmiştir (Hajsalimi, 2019). Bu bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde, HMB takviyesinin kısa ve orta vadede kas hasarını ve yorgunluğu azaltarak kuvvet gelişimi ve toparlanma üzerinde destekleyici etkiler gösterebildiği, ancak vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerinin antrenman düzeyi, egzersiz tipi ve uygulama süresine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği söylenebilir.

Kafein

Doğal bir içerik olarak kahve, çay, kakao gibi kaynaklarda bulunan kafein; kurutulmuş et, fıstık ezmesi, çeşitli içecekler, şekerleme gibi pek çok ürüne doğal ya da sentetik yollarla ilave edilmektedir (Guest et al., 2021a). Sporcular arasında en yaygın kullanılan BT'den biri olan kafein (1,3,7-trimetilksantin) organoleptik özellikler bakımından acı, kokusuz ve beyaz bir toz olarak tanımlanmaktadır (Ergin ve Rudarlı, 2024; Bayır et al., 2023). BT olarak alınan kafein kapsül, sakız, jel veya tablet gibi farklı formlarda olabilirken yapılan çalışmalarda etki hızı sırasıyla toz, sakız ve kapsül şeklinde görülmüştür (Yıldırım, 2023).

Etki mekanizması sinir sistemi, endokrin sistem ve kas sistemleri üzerinden açıklanmaktadır (Lowery et al., 2023). Yapı olarak adenosin molekülüne çok benzeyen kafein antagonistik etkisiyle adenosin reseptörlerinin bloke edilmesine sebep olur (Ergin ve Rudarlı, 2024). Bu reseptörler beyin, iskelet kası, yağ doku ve ağız boşluğunda bulunur. Burada meydana gelen blokaj merkezi yorgunluk ağrılarını etkileyerek uyanıklığı artırabilir (Saremi et al., 2025; Yıldırım ve Akçay, 2023; Yıldırım, 2023). Adenosin A1 A2A reseptörlerinin antagonizması sayesinde nörotransmitter salınımı artar, motor ünite aktivasyonu güçlenir, yorgunluk ve ağrı algısı azalır. Ek olarak algılanan efor (RPE)'un azalması ve dopaminerjik aktivitenin artışıyla birlikte performansla olumlu katkılar sağlar (Lowery et al., 2023; Saremi et al., 2025). Ağrı toleransını artırmasıyla motivasyon ve ruh haline yönelik katkıları aralıklı veya yüksek şiddetli egzersizlerde daha sınırlı etkiler sağlayabilirken fiziksel ve psikolojik

yorgunluğu aşmak gereken dövüş sporlarında bu katkılar daha anlamlı hale gelebilir (Ergin ve Rudarlı, 2024; Lowery et al., 2023)

Kafein endokrin sistem üzerinden gösterdiği etkileri ise serbest yağ asitlerinin mobilizasyonunu teşvik etme aracılığıyla gerçekleştirir. Böylece egzersiz esnasında kullanılan enerji kaynağı ihtiyacını yağ depolarına yönlendirir ve kas glikojenini koruyarak performansın sürdürülmesine destek olur. (Lowery et al., 2023; Saremi et al., 2025). Kas aktivitesi üzerinden etkisini ise sodyum potasyum (Na^+/K^+) pompasının aktivasyonu ile gösterdiği ileri sürülmektedir. Bu aktivasyon ile yorgunluk direncinin artırılabilirdiği gözlenmiştir (Lowery et al., 2023).

Sporcularda optimal doz ile ilişkili sonuçlar belirsizliğini korumakla birlikte yaklaşık 3-9 mg/kg kafein alımının ergojenik etki için yeterli olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra 9 mg/kg veya yüksek dozların yan etkilerin başlamasına sebebiyet verebileceği de eklenmiştir (Bayır et al., 2023; Saremi et al., 2025). Kafeinin en yaygın zamanlama önerisi ise egzersizden 60 dk önce alınması şeklindedir. Uzun yıllardır yapılan çalışmalarda 3-6 mg/kg dozunda kafein alımının dayanıklılığı %2-4 oranında artırdığı tutarlı olarak gösterilmiştir (Guest et al., 2021b).

Çeşitli spor branşları dikkate alındığında kafeinin dayanıklılık sporlarında uzun süreli performansın devamlılığı, glikojen tasarrufu ve merkezi yorgunluğun azalması; kuvvet/patlayıcı güç sporlarında sprint, ağırlık kaldırma, reaksiyon süresi, kas kasılma hızı, motivasyon HIIT gibi atletik performansta artış; takım sporlarında ise karar verme, reaksiyon, dayanıklılık performansı gibi parametrelerde olumlu katkılar sağladığı literatürde geniş oranda yer almaktadır (Lowery et al., 2023; Karayigit et al., 2022; Kaszuba et al., 2023; Nieto-Acevedo et al., 2025; Tan et al., 2022). Bilondi ve ark. (2024) tarafından yapılan bir şemsiye meta analiz çalışmasında kafeinin egzersiz performansına etkisi 9 meta analizin bulguları çerçevesinde incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları egzersizden 50-60 dk önce 3-6 mg/kg kafein alımının aerobik kapasite, anaerobik güç, maksimal kuvvet ve kas dayanıklılığı gibi performans parametrelerinde anlamlı ergojenik etkiler sağladığını göstermiştir. Kas yorgunluğunu erteleyerek egzersiz süresinin uzatıldığı, kısa mesafe sprintlerde maksimum hız üzerinde pozitif etkiler olduğu, kuvvet üzerinde ise maksimal kuvvet ve ağırlıksız kuvvet gibi parametrelerde iyileşmeler sağladığı bildirilmiştir (Bilondi et al., 2024). Kadın basketbolcularda kafein alımının fiziksel performans üzerine etkilerini değerlendirmek için planlanan bir çalışmada sporculara maç öncesi 3 mg/kg kafein verilmiştir. Sonuçta sporcuların sprint süresi, çeviklik, dikey sıçrama yüksekliği ve teknik performans değerlerinde gelişim gözlenirken; RPE’de bir değişim gözlenmemiş ya da hafif azalma görülmüştür (Nieto-Acevedo et al., 2025). Literatür çalışmaları incelendiğinde çeşitli formlar ve dozlarda alınan kafein takviyesinin egzersiz performansını genel olarak pozitif yönde iyileştirdiği düşünülmektedir. Özellikle dayanıklılık ve kuvvet gerektiren sporlar ile anaerobik egzersizler gibi yüksek yoğunluklu aktivitelerde daha belirgin ergojenik faydalar gözlemlendiği söylenebilir. Bununla birlikte etkinin egzersiz türü, bireysel farklar ve kafein toleransı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği unutulmamalıdır.

Son olarak aerobik enerji sistemine etkisi açısından nitrat takviyesi de son yıllarda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Ancak bu derlemenin kapsamı dışında bırakılmış, yazarın yürüttüğü ayrı bir sistematik derleme çalışmasında detaylı olarak incelenmiştir (Şahin Kömür & Şenel, 2024).

SONUÇ

Güncel literatür, enerji sistemleriyle uyumlu olarak kullanılan BT’nin uygun doz ve zamanlamayla performansı artırabildiğini göstermektedir. Bu bağlamda fosfajen ve anaerobik sistemleri destekleyen takviyeler kısa süreli yüksek yoğunluklu aktivitelerde avantaj sağlarken, protein ve HMB’nin kas adaptasyonlarını ve toparlanmayı optimize ettiği gözlenmektedir. Öte yandan kafein ve karbonhidrat takviyelerinin dayanıklılık aktivitelerinde ön plana çıktığı görülmüştür. Bu nedenle, takviye stratejileri bireysel gereksinim, spor branşı ve antrenman dönemi özelliklerine göre planlanmalı, güvenli ve kanıta dayalı protokoller geliştirilmelidir. Bununla birlikte, besin takviyelerinin her sporcu için aynı ölçüde uygun olmadığı unutulmamalıdır. Protein, kafein, kreatin, beta-alanin ve benzeri ergojenik destekler, kardiyovasküler hassasiyeti bulunan, böbrek fonksiyon bozukluğu olan, gastrointestinal yakınmalar

yaşayan ya da uyku bozukluğu bulunan bireylerde dikkatli değerlendirilmelidir. Genç sporcular, gebeler ve düzenli ilaç kullanan kişilerde ise takviye kullanımı mutlaka uzman kontrolünde planlanmalıdır. Bu bağlamda güvenlik, bireyselleştirme ve sporcu sağlığını önceleyen bir yaklaşımın benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bilimsel temelli ve kişiye özgü olarak yapılandırılmış besinsel ergojenik destek stratejilerinin hem performans optimizasyonuna hem de toparlanma süreçlerine olumlu katkılar sağlayabileceği; buna karşın güvenlik sınırlarının ve potansiyel risklerin göz ardı edilmemesi gerektiği düşünülmektedir. Gelecek çalışmaların doz, zamanlama, kombinasyon ve uzun dönem kullanıma ilişkin daha ayrıntılı kanıtlar sunması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Altunhan, A., & Bayer, R. (2021). Bireysel ve Takım Sporcularının Uyku Kalitesi ile Beslenme Alışkanlıkları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(1), 30–44. <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1026752>
- Andre, H., Firat, F., Özçelik, A., Bozok Üniversitesi, Y., Bilimleri Fakültesi, S., & Eğitimi ve Spor Eğitimi Bölümü, B. (2024). Beta-Alanin ve Sodyum Bikarbonat Takviyelerinin Kombine Tüketiminin Egzersiz Performansına Etkisi: Sistematik Derleme. In *Bozok International Journal of Sport Sciences* (Vol. 5, Issue 3). <https://orcid.org/0009-0002-8313-6319>
- Archacki, D., Zieliński, J., Ciekot-Softysiak, M., Zarębska, E. A., & Kusy, K. (2024). Sex Differences in the Energy System Contribution during Sprint Exercise in Speed-Power and Endurance Athletes. *Journal of Clinical Medicine*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/jcm13164812>
- Archacki, D., Zieliński, J., Pospieszna, B., Włodarczyk, M., & Kusy, K. (2024). The contribution of energy systems during 15-second sprint exercise in athletes of different sports specializations. *PeerJ*, 12(8). <https://doi.org/10.7717/peerj.17863>
- Ayhanci, N. N., Şahin, M., & Altunhan, A. (2025). Sporcu Beslenmesi ve Sporcularda Ağız ve Diş Sağlığı: Performansa Etkileri ve Koruyucu Önlemler. *Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 38–49. <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1710154>
- Bayir, E., Cebe, G. E., & Öztürk, B. (2023). Naturally sourced ergogenic supports used by athletes. In *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi* (Vol. 47, Issue 3, pp. 1155–1169). University of Ankara. <https://doi.org/10.33483/jfpau.1316067>
- Bayram, H. M., & Öztürkcan, S. A. (2020). Ergogenic Supplements in Athletes. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 5(3), 641–652. <https://doi.org/10.5336/healthsci.2019-72030>
- Bilondi, H. T., Valipour, H., Khoshro, S., Jamilian, P., Ostadrahimi, A., & Zarezadeh, M. (2024). The effect of caffeine supplementation on muscular strength and endurance: A meta-analysis of meta-analyses. *Heliyon*, 10(15). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35025>
- Bird, S. P., Nienhuis, M., Biagioli, B., De Pauw, K., & Meeusen, R. (2024). Supplementation Strategies for Strength and Power Athletes: Carbohydrate, Protein, and Amino Acid Ingestion. In *Nutrients* (Vol. 16, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/nu16121886>
- Burke, R., Piñero, A., Coleman, M., Mohan, A., Sapuppo, M., Augustin, F., Aragon, A. A., Candow, D. G., Forbes, S. C., Swinton, P., & Schoenfeld, B. J. (2023). The Effects of Creatine Supplementation Combined with Resistance Training on Regional Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-Analysis. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15092116>
- Can, Y.U., Eğitimi Bölümü, A., Bilimleri Fakültesi, S., & Üniversitesi, S. (n.d.). *Kafein ve Sportif Performans*. <http://biyak.subu.edu.tr>
- Cao, W., He, Y., Fu, R., Chen, Y., Yu, J., & He, Z. (2025). A Review of Carbohydrate Supplementation Approaches and Strategies for Optimizing Performance in Elite Long-Distance Endurance. In *Nutrients* (Vol. 17, Issue 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/nu17050918o>

- Cimadevilla-Fernández-Pola, E., Martínez-Roldán, C., Maté-Muñoz, J. L., Guodemar-Pérez, J., Sánchez-Calabuig, M. A., García-Fernández, P., Hervás-Pérez, J. P., & Hernández-Lougedo, J. (2024). Effects of β -Alanine Supplementation on Subjects Performing High-Intensity Functional Training. *Nutrients*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/nu16142340>
- Curran-Bowen, T., da Silva, A. G., Barreto, G., Buckley, J., & Saunders, B. (2024). Sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation: Is combining both better than either alone? A systematic review and meta-analysis. In *Biology of Sport* (Vol. 41, Issue 3, pp. 79–87). Institute of Sport. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2024.132997>
- Daher, J., Mallick, M., & El Khoury, D. (2022). Prevalence of Dietary Supplement Use among Athletes Worldwide: A Scoping Review. In *Nutrients* (Vol. 14, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu14194109>
- Dobrowolski, H., Kopczyńska, K., Kazimierczak, R., Rembiałkowska, E., & Włodarek, D. (2024). Organic Food in Athletes Diet—Narrative Review of Alternative Products in Sports Nutrition. In *Nutrients* (Vol. 16, Issue 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu16142347>
- Durkalec-Michalski, K., Czlapka-Matyasik, M., Podgórski, T., Marchelek-Myśliwiec, M., & Nowaczyk, P. M. (2025). High-dose medium-term HMB supplementation did not trigger body composition changes in trained and untrained males under usual conditions or high-intensity functional exercise. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1681465>
- Durkalec-Michalski, K., Jeszka, J., & Podgórski, T. (2017). The effect of a 12-week beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on highly-trained combat sports athletes: A randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Nutrients*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/nu9070753>
- Ergin, E., & Rudarlı, G. (2024). Farklı Konsantrasyonlardaki Kafein Çözeltilerinin Ağızda Çalkalanmasının Voleybolda Servis Performansına Etkisi: Analitik Araştırma. *International Journal of Sport, Exercise & Training Sciences*, 17–25. <https://doi.org/10.18826/useeabd.1394757>
- Fernández-Landa, J., Calleja-González, J., León-Guereño, P., Caballero-García, A., Córdova, A., & Mielgo-Ayuso, J. (2019). Effect of the combination of creatine monohydrate plus hmb supplementation on sports performance, body composition, markers of muscle damage and hormone status: A systematic review. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11102528>
- Fernández-Landa, J., Santibañez-Gutierrez, A., Todorovic, N., Stajer, V., & Ostojic, S. M. (2023). Effects of Creatine Monohydrate on Endurance Performance in a Trained Population: A Systematic Review and Meta-analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 5, pp. 1017–1027). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01823-2>
- Fernández-Lázaro, D., Fiandor, E. M., García, J. F., Busto, N., Santamaría-Peláez, M., Gutiérrez-Abejón, E., Roche, E., & Mielgo-Ayuso, J. (2023). β -Alanine Supplementation in Combat Sports: Evaluation of Sports Performance, Perception, and Anthropometric Parameters and Biochemical Markers—A Systematic Review of Clinical Trials. In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 17). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu15173755>
- Forbes, S. C., Candow, D. G., Neto, J. H. F., Kennedy, M. D., Forbes, J. L., Machado, M., Bustillo, E., Gomez-Lopez, J., Zapata, A., & Antonio, J. (2023). Creatine supplementation and endurance performance: surges and sprints to win the race. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 20, Issue 1). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2204071>
- Fu, T., Liu, H., Shi, C., Zhao, H., Liu, F., & Xia, Y. (2024). Global hotspots and trends of nutritional supplements in sport and exercise from 2000 to 2024: a bibliometric analysis. In *Journal of Health*,

- Population and Nutrition* (Vol. 43, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00638-9>
- Gilsanz, L., López-Seoane, J., Jiménez, S. L., & Pareja-Galeano, H. (2023). Effect of β -alanine and sodium bicarbonate co-supplementation on the body's buffering capacity and sports performance: A systematic review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 63, Issue 21, pp. 5080–5093). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2012642>
- Gonzalez, D. E., Forbes, S. C., Zapp, A., Jagim, A., Luedke, J., Dickerson, B. L., Root, A., Gil, A., Johnson, S. E., Coles, M., Brager, A., Sowinski, R. J., Candow, D. G., & Kreider, R. B. (2024). Fueling the Firefighter and Tactical Athlete with Creatine: A Narrative Review of a Key Nutrient for Public Safety. In *Nutrients* (Vol. 16, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/nu16193285>
- Grgic, J. (2022). Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Measures of Wingate Test Performance: A Meta-Analysis. In *Journal of the American Nutrition Association* (Vol. 41, Issue 1, pp. 1–10). Routledge. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1850370>
- Grgic, J., Grgic, I., Del Coso, J., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2021). Effects of sodium bicarbonate supplementation on exercise performance: an umbrella review. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 18, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00469-7>
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021a). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 18, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021b). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 18, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Hajsalımlı, H. (2019). The Effect of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Supplementation on Performance Adaptations Following Resistance Training in Young Males. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 349–354. <https://doi.org/10.15314/tsed.540690>
- Halz, M., Kaszuba, M., Helbin, J., Krzysztofik, S., Suchanecka, A., & Zajac, A. (2022). Beta-alanine supplementation and anaerobic performance in highly trained judo athletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 14(2). <https://doi.org/10.29359/BJHPA.14.2.01>
- Henselmans, M., Bjørnsen, T., Hedderman, R., & Vårvik, F. T. (2022). The Effect of Carbohydrate Intake on Strength and Resistance Training Performance: A Systematic Review. In *Nutrients* (Vol. 14, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu14040856>
- Hobson, R. M., Saunders, B., Ball, G., Harris, R. C., & Sale, C. (2012). Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: A meta-analysis. In *Amino Acids* (Vol. 43, Issue 1, pp. 25–37). <https://doi.org/10.1007/s00726-011-1200-z>
- Hwang, D. J., & Yang, H. J. (2025). Nutritional Strategies for Enhancing Performance and Training Adaptation in Weightlifters. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Issue 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms26010240>
- Yıldız, S. A. (2012). Aerobik ve anaerobik kapasitenin anlamı nedir. *Solunum dergisi*, 14(1), 1-8.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 14, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>

- Kaczka, P., Michalczyk, M. M., Jastrzab, R., Gawelczyk, M., & Kubicka, K. (2019). Mechanism of action and the effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on different types of physical performance-A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 211–222. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0070>
- Karayigit, R., Forbes, S. C., Osmanov, Z., Yilmaz, C., Yasli, B. C., Naderi, A., Buyukcelebi, H., Benesova, D., Gabrys, T., & Esen, O. (2022). Low and Moderate Doses of Caffeinated Coffee Improve Repeated Sprint Performance in Female Team Sport Athletes. *Biology*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/biology11101498>
- Karpouzi, C., Kosmidis, I., Petridou, A., Voulgaridou, G., Papadopoulou, S. K., Bogdanis, G. C., & Mougios, V. (2025). Effects of Protein Supplementation During High-Intensity Functional Training on Physical Performance in Recreationally Trained Males and Females: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/nu17091441>
- Kaszuba, M., Kloczek, O., Spieszny, M., & Filip-Stachnik, A. (2023). The Effect of Caffeinated Chewing Gum on Volleyball-Specific Skills and Physical Performance in Volleyball Players. *Nutrients*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/nu15010091>
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L., & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. In *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (Vol. 14, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Lowery, L. M., Anderson, D. E., Scanlon, K. F., Stack, A., Escalante, G., Campbell, S. C., Kerksick, C. M., Nelson, M. T., Ziegenfuss, T. N., VanDusseldorp, T. A., Kalman, D. S., Campbell, B. I., Kreider, R. B., & Antonio, J. (2023). International society of sports nutrition position stand: coffee and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2237952>
- Mallick, M., Camacho, C. B., Daher, J., & El Khoury, D. (2023). Dietary Supplements: A Gateway to Doping? In *Nutrients* (Vol. 15, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15040881>
- Malsagova, K. A., Kopylov, A. T., Sinitsyna, A., Stepanov, A. A., Izotov, A. A., Butkova, T. V., Chingin, K., Klyuchnikov, M. S., & Kaysheva, A. L. (2021). Sports nutrition: Diets, selection factors, recommendations. In *Nutrients* (Vol. 13, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu13113771>
- Marko, D., Snarr, R. L., Bahenský, P., Bunc, V., Krajcigr, M., & Malý, T. (2025). Beta-alanine supplementation improves time to exhaustion, but not aerobic capacity, in competitive middle- and long-distance runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2521336>
- Mills, S., Candow, D. G., Forbes, S. C., Neary, J. P., Ormsbee, M. J., & Antonio, J. (2020). Effects of creatine supplementation during resistance training sessions in physically active young adults. *Nutrients*, 12(6), 1–11. <https://doi.org/10.3390/nu12061880>
- Nieto-Acevedo, R., García-Sánchez, C., Bravo-Sánchez, A., Abián-Vicén, J., Abián, P., Portillo, J., Martínez-Rubio, C., Lorenzo Calvo, J., & Diaz-Lara, J. (2025). Impact of Caffeine Intake on Female Basketball Players' Performance. *Nutrients*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/nu17020235>
- Pourabbas, M., Bagheri, R., Moghadam, B. H., Willoughby, D. S., Candow, D. G., Elliott, B. T., Forbes, S. C., Ashtary-larky, D., Eskandari, M., Wong, A., & Dutheil, F. (2021). Strategic ingestion of high-protein dairy milk during a resistance training program increases lean mass, strength, and power in trained young males. *Nutrients*, 13(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu13030948>
- Rathmacher, J. A., Pitchford, L. M., Stout, J. R., Townsend, J. R., Jäger, R., Kreider, R. B., Campbell, B. I., Kerksick, C. M., Harty, P. S., Candow, D. G., Roberts, B. M., Arent, S. M., Kalman, D. S., & Antonio, J. (2025). International society of sports nutrition position stand: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 22(1).

<https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2434734>

- Reljic, D., Zieseniss, N., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2022). Protein Supplementation Does Not Maximize Adaptations to Low-Volume High-Intensity Interval Training in Sedentary, Healthy Adults: A Placebo-Controlled Double-Blind Randomized Study. *Nutrients*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/nu14193883>
-   ahin Kömür, A., &   enel,   . (2024). Spor beslenmesinde bir ergojenik destek olarak pancar suyu: sistematik derleme   alışması. *Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 22(1), 154–167. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1266414>
- Saremi, M., Shahriari, F., Hemmatinafar, M., Rezaei, R., Niknam, A., Nordvall, M., Wong, A., & Bagheri, R. (2025). Low-Dose Caffeine Supplementation Is a Valuable Strategy for Increasing Time to Exhaustion, Explosive Power, and Reducing Muscle Soreness in Professional Male Kickboxers. *Current Developments in Nutrition*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.104538>
- Saunders, B., Elliott-Sale, K., Artioli, G. G., Swinton, P. A., Dolan, E., Roschel, H., Sale, C., & Gualano, B. (2017).   -Alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: A systematic review and meta-Analysis. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 51, Issue 8, pp. 658–669). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096396>
- Siegler, J. C., Marshall, P. W. M., Finn, H., Cross, R., & Mudie, K. (2018). Acute attenuation of fatigue after sodium bicarbonate supplementation does not manifest into greater training adaptations after 10-weeks of resistance training exercise. *PLoS ONE*, 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196677>
- Tan, Z., Sen, Sim, A., Kawabata, M., & Burns, S. F. (2022). A systematic review of the effects of caffeine on basketball performance outcomes. In *Biology* (Vol. 11, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/biology11010017>
- Teixeira, F. J., Matias, C. N., Faleiro, J., Giro, R., Pires, J., Figueiredo, H., Carvalhinho, R., Monteiro, C. P., Reis, J. F., Valamatos, M. J., Teixeira, V. H., & Schoenfeld, B. J. (2022). A Novel Plant-Based Protein Has Similar Effects Compared to Whey Protein on Body Composition, Strength, Power, and Aerobic Performance in Professional and Semi-Professional Futsal Players. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.934438>
- Tuncel, O. (2018). Futbolda Dayanıklılık Performansı. <http://dergipark.gov.tr/>
- Ulu  inar, S., Bilimleri, S., & Programı, T. (n.d.). *Farklı tekrarlı sprint protokollerinde enerji sistemlerinin katkısı: y  klenme/dinlenme oranlarının etkisi*.
- Viribay, A., Arribalzaga, S., Mielgo-Ayuso, J., Castañeda-Babarro, A., Seco-Calvo, J., & Urdampilleta, A. (2020). Effects of 120 g/h of carbohydrates intake during a mountain marathon on exercise-induced muscle damage in elite runners. *Nutrients*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/nu12051367>
- Wang, J., Qiu, J., Yi, L., Hou, Z., Benardot, D., & Cao, W. (2019). Effect of sodium bicarbonate ingestion during 6 weeks of HIIT on anaerobic performance of college students. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0285-8>
- Witard, O. C., H  arris, M., & Morgan, P. T. (2025). Protein Nutrition for Endurance Athletes: A Metabolic Focus on Promoting Recovery and Training Adaptation. In *Sports Medicine* (Vol. 55, Issue 6, pp. 1361–1376). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02203-8>
- Yıldırım, U. C., & Akçay, N. (2023). Kafein sakızının antrenmanlı sporcularda dinamik denge performansına etkisi. *Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 202–211. <https://doi.org/10.33689/spormetre.1312554>
- Zhao, S., Zhang, H., Xu, Y., Li, J., Du, S., & Ning, Z. (2024). The effect of protein intake on athletic

performance: a systematic review and meta-analysis. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 11). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1455728>