



SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi



DOI: 10.33689/spormetre.1535816
Review Article

Geliş Tarihi (Received): 20.008.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 26.03.2025

Online Yayın Tarihi (Published): 30.03.2025

SPORCU PERFORMANSINI ARTIRAN GÜNCEL BESİN TAKVİYELERİ

Hakan Bor^{1*} 

¹Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane, Türkiye

Öz: Sporcu performansını artırmak amacıyla kullanılan besin takviyeleri teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bu takviyelerin çeşitliliğinin ve erişilebilirliğinin artması nedeniyle geçmişe kıyasla daha fazla ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda çalışmada besin takviyelerinin sporcu performansını hangi yönlerden etkilediği ve sağlıklı kullanım dozajlarının nasıl olması gerektiği güncel literatür yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırmada öncelikle besin takviyeleri hakkında genel bir bilgi verilerek besin takviyeleri tanıtılmış sonrasında her bir besin takviyesinin özelliklerine uygun olarak sporcu performansı üzerindeki olası etkilerinden bahsedilmiştir. Ayrıca bu derleme için geniş kapsamlı akademik makaleleri ve güncel araştırmaları bünyesinde bulundurmaları nedeniyle PubMed (NLM, ABD), Google Scholar, Scopus (Elsevier) ve Web of Science (WoS), Clarivate Analytics, ABD) veri tabanları tercih edilmiş ve bu arama motorlarında yer alan 2015-2024 yılları arasında yayımlanmış araştırmalar incelenmiştir. Diğer yandan bu araştırmalar değerlendirildiğinde bir beslenme uzmanı yardımı alınarak doğru bir şekilde tüketilen besin takviyelerinin sporcu performansını farklı etki mekanizmaları yoluyla olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Sporcuların bir kısmı için diyetlerini yeniden planlayarak besin takviyelerine olan ihtiyaç karşılanabilirken, diğer bir kısmı için performans gösterdikleri spor dalı nedeniyle diyetle alınan miktar yeterli olmayıp uzman kontrolünde besin takviyelerini diyetlerine ek olarak almaları gerekmektedir. Bu nedenle sporcuların besin takviyelerinin yan etkilerinden dolayı sağlık açısından zarar görmemeleri ve en üst düzeyde fayda elde edebilmeleri için sporcunun fiziksel durumuna, spor dalına ve diyetine uygun olacak şekilde besin takviyesi alınımının bilimsel çalışmalardaki öneriler doğrultusunda bireye özgü olarak planlanması büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Besin takviyeleri, performans, dozaj, sporcu beslenmesi

CURRENT NUTRITIONAL SUPPLEMENTS THAT INCREASE ATHLETE PERFORMANCE

Abstract: Nutritional supplements used to improve athlete performance have become more prominent than in the past due to the increasing diversity and accessibility of these supplements in line with the advancement of technology. Within this context in this study, it is aimed to explain with the help of current literature the nutritional supplements affect athlete performance in which ways and how healthy usage dosages should be. In the study, firstly nutrition supplements were introduced by giving general information about nutritional supplements, then the potential effects of each nutritional supplement on athlete performance were mentioned in accordance with their characteristics. Also PubMed (NLM, USA), Google Scholar, Scopus (Elsevier) and Web of Science (WoS), Clarivate Analytics, USA) databases were preferred for this review because they contain a wide range of academic articles and current research, and studies published between 2015 and 2024 in these search engines were examined. On the other hand, when these studies were evaluated, it was concluded that nutritional supplements consumed correctly with the help of a nutritionist positively affect athlete performance through different effect mechanisms. For some of the athletes, the need for nutritional supplements can be met by re-planning their diets, while for others, the amount of dietary intake is not sufficient due to the sport they perform and they need to take nutritional supplements in addition to their diet under expert control. Therefore, it is of great importance that the intake of nutritional supplements should be planned individually in accordance with the recommendations of scientific studies in accordance with the athlete's physical condition, sports branch and diet in order to prevent health damage due to the side effects of nutritional supplements and to obtain the highest level of benefit.

Keywords: Nutritional supplements, performance, dosage, sports nutrition

* Sorumlu Yazar: Hakan Bor, Dr. Öğr. Üyesi, E-mail: hakanbor2017@hotmail.com

GİRİŞ

Besin takviyeleri sporcuların performansını artırmada ve antrenman verimliliğini üst düzeye çıkarmada önemli bir rol oynamaktadır. Sporcular tarafından genellikle performanslarını ve dayanıklılıklarını artırmak için kafein, kreatin, pancar suyu nitrati, β -alanin ve bikarbonat gibi besin takviyeleri kullanılmaktadır (Peeling et al., 2019). Bu takviyeler genellikle iki kategoriye ayrılmaktadır: 1) Dayanıklılığı artırmaya yardımcı olanlar, 2) Güç ve kas kazanımına yardımcı olanlar (Kim, 2019). Ek olarak besin takviyelerinin sporcuların iyileşme sürecine ve performanslarını artırmaya yardımcı olduğu ancak atletik performansları üzerindeki etkilerinin ise daha düşük olduğu bildirilmiştir (Mohiuddin, 2019). Bunun yanında sporcuların performans hedeflerine ulaşmaları ve genel sağlıklarını korumaları adına buldukları spor dalına uygun diyet ve besin takviyelerini tüketmeleri önem arz etmektedir (Amawi, 2024). Bu konuda sağlıklı bir bilgiye ulaşabilmek ve doğru desteği alabilmek için sporcuların gerektiğinde besin takviyelerini de içerebilecek şekilde bireye özgü hazırlanmış diyet programlarını hazırlayan, sporcu beslenmesi konusunda uzman diyetisyenlerle birlikte çalışmaları önerilmektedir (Burke et al., 2019). Bu yolla sporcular besin takviyelerini doğru bir şekilde kullanarak performanslarını artırabilir ve vücut homeostazlarını koruyabilirler (Qiao and Liu, 2022).

Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda bu besin takviyelerinin organizmanın homeostazını korumaya ve rekabetçi performansı artırmaya yardımcı olmalarının yanı sıra enerji optimizasyonu, elektrolit dengesini sağlama ve gastrointestinal sağlığı koruma konularında da faydalı oldukları rapor edilmiştir (Peeling et al., 2018; Karlic et al., 2022). Günümüzde besin takviyeleri gerek elit gerekse elit düzeyde olmayan sporcular için performanslarını artırmaya yönelik sıklıkla başvurulan bir araç haline gelmiştir (Świtała, 2023). Sporcular sağlıklı bir beslenme yoluyla fiziksel kabiliyetlerini ve atletik performanslarını artırmak amacıyla yoğun bir şekilde besin takviyeleri kullanmaktadır (Wardenaar et al., 2017; Amawi et al., 2023). Sitrat, karnitin, kreatin ve kafein gibi besin takviyeleri dahil olmak üzere çok çeşitli besin takviyeleri spor endüstrisinde hali hazırda mevcuttur ve bunlar sporculara atletik performansı artırmak için farklı noktalarda ve derecelerde destek sağlamaktadır (Ceylan, 2023). Ancak sporcuların besin takviyelerinden en iyi şekilde faydalanabilmesi ve sağlık sorunlarından kaçınabilmesi için bu takviyelerin sağladığı yararları ve bunların uygun kullanım dozajlarını bilmeleri son derece önemlidir (Khazaradze et al., 2023).

Bu besin takviyeleri sporcular için performans açısından bazı faydalar sunabilirken, dikkate alınması gereken potansiyel olumsuz etkileri de söz konusu olabilir. Örneğin: Kreatin takviyesi genellikle güvenli olmasına rağmen, kaslarda artan su tutulumuna yol açması nedeniyle kilo alımına neden olabilmektedir (Kaufman et al., 2022; Li et al., 2024). Bu durum özellikle siklet sporu yapan sporcular için istenmeyen bir durum olabilir. Ek olarak bazı sporcular gastrointestinal rahatsızlık veya kas krampları sorunları da yaşayabilmektedir. Ancak bu yan etkiler tipik olarak hafif ve geçicidir (Li et al., 2024). Beta-alanin takviyesi ise özellikle yüksek dozlarda alındığında ciltte zararsız ancak potansiyel olarak rahatsız edici bir karıncalanma hissi olan paresteziye neden olabilmektedir (Świtała, 2023; Li et al., 2024). Kafein performansı artırmada etkili olmakla birlikte, yüksek dozlarda veya yatma vaktine çok yakın tüketilirse kalp atış hızında artış, anksiyete ve uyku bozuklukları gibi yan etkilere yol açabilmektedir (Kaufman et al., 2022; Masodsai et al., 2022). Dallı zincirli amino asitlerin (BCAA'lar) genellikle minimum düzeyde yan etkisi mevcuttur. Ancak aşırı alımları gastrointestinal rahatsızlığa yol açabilmekte veya diğer amino asitlerin emilimini engelleyebilmektedir (Li et al., 2024). Pancar suyu gibi nitrat takviyeleri idrar ve dışkıda zararsız kırmızı bir renge neden olabilmekte, bu da bazı sporcular için endişe verici olabilmektedir (Roberts et al., 2023).

Bu çalışmanın amacı sporculara ve sporcu beslenmesi üzerine çalışan beslenme uzmanlarına, 2015-2024 yılları arasında yayımlanmış güncel literatür bağlamında besin takviyelerinin sporcu performansı üzerindeki etkileri ve doğru kullanım yöntemleri konusunda ihtiyaç duyulan bilimsel bilgiyi sağlamaktır.

YÖNTEM

Bu derleme için geniş kapsamlı akademik makaleleri ve güncel araştırmaları bünyesinde bulundurmaları nedeniyle PubMed (NLM, ABD), Google Scholar, Scopus (Elsevier) ve Web of Science (WoS), Clarivate Analytics, ABD) veri tabanları tercih edilmiş ve bu arama motorlarında yer alan 2015-2024 yılları arasında yayımlanmış araştırmalar incelenmiştir. Ayrıca çalışmaya dahil edilecek araştırmaları tespit edebilmek için (“Creatine Monohydrate (Kreatin Monohidrat)” veya “Beta-Alanine (Beta-Alanin)” veya “Caffeine (Kafein)” veya “Nitrate (Nitrat)” veya “Branched Chain Amino Acids (Dallı Zincirli Amino Asitler)” veya “Whey Protein (Peynir Altı Suyu Proteini)” veya “Casein (Kazein)” veya “Omega-3 Fatty Acids (Omega-3 Yağ Asitleri)” veya “Ketone Supplements (Keton Takviyeleri)” ve (“Athlete Performance (Sporcu Performansı)” veya “Athlete Endurance (Sporcu Dayanıklılığı)” veya “Optimal Dosage (Optimal Dozaj)”) arama kelimeleri ve bu kelimelerin kombinasyonları kullanılmıştır.

Çalışma için Dahil Edilme Kriterleri

1. Araştırmanın 2015-2024 yılları arasında yayımlanmış olması
2. Araştırmanın tür olarak akademik makale ve kitap bölümü olması
3. Araştırmanın konu olarak besin takviyelerinin sporcu performansı üzerindeki etkilerini veya kullanım dozajlarını incelemesi
4. Türkçe veya İngilizce dilinde yayımlanmış olması

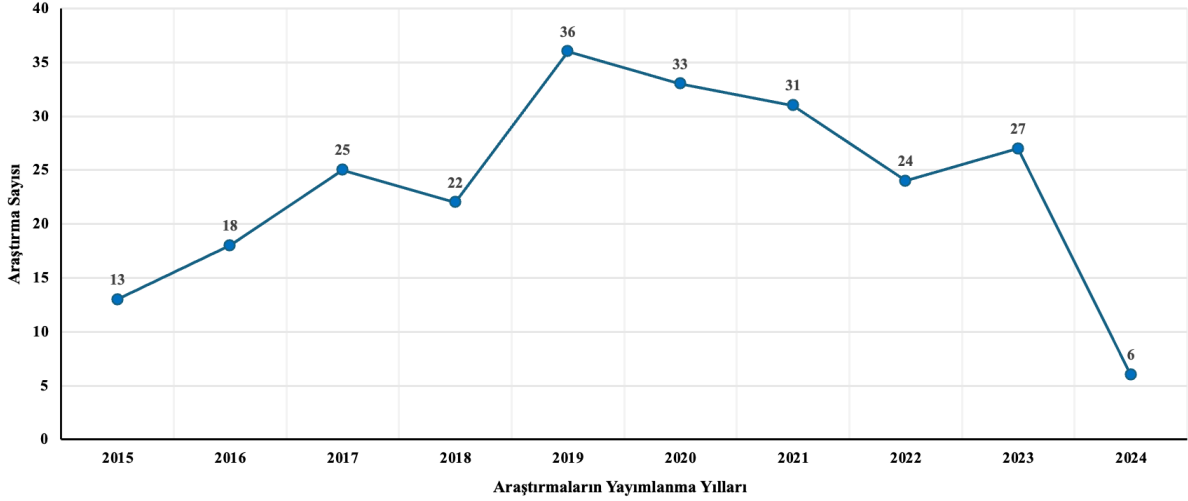
Çalışma için Dahil Edilmeme Kriterleri

1. Araştırmanın 2015 yılından önce yayımlanmış olması
2. Araştırmanın tür olarak akademik makale ve kitap bölümü dışındaki yayınlardan biri olması (Örneğin: Bildiriler, tezler veya diğer türdeki yayınlar)
3. Araştırmanın konu olarak besin takviyelerinin sporcu performansı üzerindeki etkilerini veya kullanım dozajlarını incelememesi

Ulaşılan çalışmalar üzerinde belirlenen kriterlere uygun olarak yapılan dikkatli bir tarama ve değerlendirme sürecinin ardından seçilen 235 araştırmadan yararlanılarak bu çalışma hazırlanmıştır.

Çalışmanın Kısıtlıkları

1. Çalışma literatür taraması bakımından 2015-2024 yılları arasında yayımlanmış araştırmalarla sınırlıdır. Bu durum daha eski araştırmaların göz ardı edilmesine neden olabilmektedir.
2. Literatür taraması sadece belirli veri tabanları (PubMed, Google Scholar, Scopus, Web of Science) kullanılarak yapılmıştır. Diğer veri tabanlarında yer alan çalışmalar dahil edilmemiştir.
3. Çalışma araştırma türü olarak sadece akademik makaleler ve kitap bölümleriyle sınırlandırılmıştır. Bu nedenle konferans bildirileri, tezler veya diğer türdeki bilimsel yayınlar çalışma dışı bırakılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan araştırmaların yayımlandığı yıllar ve araştırmaların sayıları

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde sırasıyla kreatin, beta alanin, kafein, nitrat (pancar suyu), BCAA, peynir altı suyu proteini (whey proteini), kazein, omega 3 yağ asitleri ve keton takviyelerinin genel olarak sporcu performansı üzerindeki etkileri, metabolik olarak etki mekanizmaları, en uygun kullanım dozları ve süreleri hakkında araştırmalardan elde edilen bilgiler sunulmaktadır.

İlk olarak kreatin takviyesinin spor performansını artırmada nasıl bir rol oynadığı, fizyolojik etki mekanizması, farklı spor dalları üzerindeki etkileri, uzun vadeli etkileri ve yan etkileri ile vejetaryen sporcularda sağladığı faydalar incelenecektir.

Kreatin

Kreatin takviyesinin özellikle kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersiz söz konusu olduğunda atletik performansı önemli miktarda artırdığı çeşitli çalışmalar tarafından tespit edilmiştir (Hall et al., 2021; Wax et al., 2021). Bunun yanı sıra kreatin maksimum güç, güç çıkışı, sprint performansı ve yağsız kütle artışına da katkıda bulunmaktadır (Wax et al., 2021). Ek olarak kreatinin patlayıcı performans üzerindeki etkileri henüz tam olarak belirlenememiş olsa da kreatinin kas enerji metabolizmasını ve post-aktivasyon potansiyelini (PAP) artırabildiği rapor edilmiştir (Wang et al., 2016).

Kreatinin farklı demografik özellikler ve egzersiz türleri üzerinde farklı tepkileri olabileceğini vurgulamak gerekir. Örneğin: Kreatin takviyesinin futbolcuların aerobik performansını önemli ölçüde artırmadığı belirlenmiştir (Mielgo Calleja et al., 2019). Bir diğer yandan yaşlı kadınların kreatinin ergojenik etkilerinden yaşlı erkeklere kıyasla daha fazla yararlanma eğiliminde olduğu görülmüştür (Stares and Bains, 2020). Ayrıca vejetaryenler, omnivorlara kıyasla yağsız doku kütlesi ve kas gücü kazanımları açısından kreatin takviyesinden daha fazla fayda sağlayabilmektedir (Kaviani et al., 2020).

Kas gelişimi ve performans iyileşmeleri egzersizle ilişkili olarak kreatin tüketiminin zamanlamasından da etkilenebilmektedir. Bu nedenle kreatin kullanımının avantajlarından en üst düzeyde faydalanabilmek için kreatin takviyesinin egzersizden hemen sonra alınması önerilmektedir (Ribeiro et al., 2021). Kreatinin uygun dozda kullanımına dair başarılı bir yöntem olduğu ifade edilen ve önerilen rejim düzeni şu şekildedir: İlk 6-7 gün boyunca günde 3-4 kez 20-30 gram kreatin takviyesi alınarak yapılan yükleme döneminin ardından, günlük 5

gram kreatin takviyesi ile idame dozlarına devam edilmelidir (Mielgo Calleja et al., 2019). Bunun yanı sıra endojen depolama ve kreatin metabolizmasındaki farklılıklar göz önüne alındığında menopoz öncesi ve sonrası kadınlar gibi bazı özel gruplar için kreatin takviyesinin doza ve düzeninin değiştirilmesi gerekebilir (Smith-Ryan et al., 2021).

Kreatin Takviyesinin Fizyolojik Etki Mekanizması

Kreatin takviyesinin fizyolojik etkileri, vücut hücrelerinde kreatin/fosfokreatin enerji sistemi yoluyla kendini göstermektedir. Enerji metabolizmasında merkezi bir rol oynayan bu sistem hücreler içinde hızlı enerji depolanmasına ve transferine yardımcı olmaktadır. Bunun yanında birden fazla mekanizma üzerinden de bu etkiler gözlemlenebilmektedir (Kitzenberg et al., 2016). Ayrıca Kreatin Kinaz (CK) izoenzimleri ATP sentez bölgelerini ATP tüketim bölgelerine bağlayarak verimli bir enerji tamponu oluşmasını sağlamaktadır (Bonilla et al., 2021).

Diğer yandan kreatinin fizyolojik etkileri basit enerji tamponlamasının ötesine uzanmaktadır. Ozmotik etkiler yoluyla kreatin hücrel bir stres faktörü olarak hareket edebilmekte ve protein sentezi için anabolik yolları uyarabilmektedir. Kreatinin ek olarak rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi (mTOR) yolunu modüle ederek ve miyojenik düzenleyici faktörleri etkileyerek kas protein sentezini doğrudan etkileyebileceği de rapor edilmiştir (Farshidfar et al., 2017). Bunun yanında Yokota ve arkadaşları tarafından 2023 yılında yayımlanmış bir çalışmada kreatin takviyesinin fizyolojik olarak iskelet kası ve beyin dokusundaki enflamasyonu baskıladığı ve eksantrik egzersiz sonrası yorgunluğu potansiyel olarak hafiflettiği tespit edilmiştir (Yokota et al., 2023).

Sonuç olarak kesin mekanizmalar tam olarak belirlenememiş olsa da kreatin takviyesinin enerji tamponlama, protein sentezi uyarımı ve antiinflamatuvar etkiler dahil olmak üzere birden fazla fizyolojik etki yoluyla fayda sağladığı anlaşılmaktadır. Kreatin bu yolla kas hacim artışına, egzersiz performansının artırılmasına ve çeşitli klinik koşullarda potansiyel terapötik etkilerin görülmesine katkıda bulunmaktadır (Balestrino and Adriano, 2019).

Kreatin Takviyesinin Farklı Spor Dallarında Üzerindeki Etkileri

Kreatin takviyesinin çeşitli spor ve egzersiz dallarındaki ergojenik etkilerini araştıran iki çalışma sonucunda kreatinin kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde, özellikle de tekrarlanan efor nöbetlerini içeren durumlarda sporcu performansını artırdığını belirlenmiştir (Hall et al., 2021; Wax et al., 2021). Bunların yanı sıra kreatin takviyesinin maksimal güç, güç üretimi, sprint performansı ve yağsız vücut kütlelerini artırma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Wax et al., 2021).

Ayrıca futbol branşında kreatin takviyesinin oyuncuların sprint ve dikey sıçrama performansları üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Bununla birlikte kreatinin kas gücünü ve yüksek yoğunluklu antrenman rejimlerine adaptasyonu artırdığı tespit edilmiştir (Miny et al., 2017). Ek olarak Forbes ve arkadaşları tarafından 2023 yılında yayımlanan bir çalışmaya göre kreatinin yüksek yoğunluklu dayanıklılık aktiviteleri sırasında tükenme süresini uzatmasının yanı sıra çoklu yoğunluk dalgalanmaları veya bitiş atakları gerektiren kros kayağı, dağ bisikleti, bisiklet ve kürek gibi etkinliklerde de sporcu performansının artmasına yardımcı olduğu rapor edilmiştir (Forbes et al., 2023).

Özetle kreatin takviyesi en çok anaerobik sporlar ve aktiviteler için faydalı olsa da dayanıklılık ve takım sporları performansı bakımından ise kısıtlı bazı avantajlar sağlamaktadır. Bunun yanında kreatinin etkili olma düzeyi sporcunun spor dalına özgü özel ihtiyaçlarına ve temel kas

kreatin içeriği ile kas lifi bileşimi gibi bireysel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ribeiro et al., 2021).

Kreatin Takviyesinin Uzun Vadeli Etkileri ve Yan Etkileri

Kreatin takviyesi sporcu sağlığı bakımından genel olarak güvenli kabul edilmektedir (Jagim et al., 2018). Bunun yanında kreatin takviyesinin sağlıklı bireyler için de genellikle güvenli olduğu ve uygun kullanım durumunda çeşitli sağlık göstergeleri üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı çeşitli çalışmalar tarafından rapor edilmiştir (Kreider et al., 2017; Almeida et al., 2020). Ayrıca Candow ve arkadaşları tarafından 2023 yılında yayımlanan bir çalışmada kreatin takviyesinin uzun vadeli etkileri arasında kısa süreli, yüksek yoğunluklu aktivitelerde gelişmiş performans ve özellikle yaşlanan yetişkinlerde potansiyel bilişsel faydaları olduğu belirlenmiştir. Kreatinin ayrıca kas distrofisi, travmatik beyin hasarı, depresyon ve anksiyete ile ilişkili sağlık sonuçlarının iyileştirilmesinde etkili olabileceği ve bu konularda umut vaat ettiği ifade edilmiştir (Candow et al., 2023). Sıçanlar üzerinde yapılmış bir çalışmada ise kreatin takviyesinin erkek sıçanlarda beyin gelişimi sırasında nöronal olgunlaşmada değişikliklere yol açtığı, bunun da hipokampal nöronlarda artan uyarılabilirlik ve gelişmiş uzun vadeli güçlenme ile sonuçlandığı bulunmuştur. Bununla birlikte bu etkilerin yetişkinlikte de devam ettiği ve kreatinin potansiyel olarak bilişsel yetenekler üzerinde olumlu etkileri olabileceği bildirilmiştir (Sartini et al., 2019).

Kreatin takviyesini yan etkiler açısından inceleyen bir meta analiz çalışması sonucunda kreatin takviyesinin serum kreatinin seviyelerini veya plazma üre değerlerini önemli ölçüde değiştirmediği belirlenirken, incelenen miktarlarda ve sürelerde böbrek hasarına dair bir kanıt elde edilmemiştir (De Souza E Silva et al., 2019). Bir diğer yandan 2022 yılında yayımlanan bir araştırmaya göre kreatin de dahil olmak üzere amino asit takviyelerinin artan alımının tamamen risksiz olmayabileceği ve potansiyel olarak zararlı yan etkileri olabileceği rapor edilmiştir (Holeček, 2022).

Vejetaryen Sporcularda Kreatin Takviyesinin Faydaları

Kreatin takviyeleri et ürünlerini daha az tükettiklerinden dolayı daha düşük kreatin seviyelerine sahip olan vejetaryen sporcular için önemli avantajlar sunmaktadır. Vejetaryenlerde kreatin takviyesi alımının kaslarda, plazmada ve kırmızı kan hücrelerindeki kreatin ve fosfokreatin konsantrasyonlarını genellikle omnivorlarda bulunan seviyelerin de üzerinde olacak bir biçimde artırdığı rapor edilmiştir (Kaviani et al., 2020). Kreatin depolarındaki bu artış özellikle kısa süreli ve yüksek yoğunluklu aktivitelerde egzersiz performansının artmasını sağlamaktadır (Kreider et al., 2017; Hall et al., 2021).

Diğer yandan vejetaryenlerde kreatin takviyesi kas kreatin seviyelerini artırırken beyin fosfokreatin seviyelerini etkilememektedir. Bununla birlikte kreatinin hafıza ve zeka dahil olmak üzere beyin fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirilmiştir (Kaviani et al., 2020). Bu bilişsel fayda potansiyel nöroprotektif etkilerle birlikte özellikle hızlı karar verme ve strateji gerektiren spor dallarındaki sporcular için önemli olabilmektedir (Kreider et al., 2017).

Vejetaryen sporcuların kreatin takviyesi kullanımıyla artan kas gücü, dayanıklılık ve gelişmiş egzersiz kapasitesi gibi çeşitli faydalar elde etmesi mümkündür (Kaviani et al., 2020; Hall et al., 2021). Bu faydalar yalnızca performans artışıyla sınırlı kalmayıp rehabilitasyon ve egzersiz sonrası iyileşmeyi de potansiyel olarak kapsamaktadır (Kreider et al., 2017). Güvenlik profili ve geniş kapsamlı faydaları dikkate alındığında performanslarını ve genel sağlıklarını optimize etmek isteyen vejetaryen sporcular için kreatin takviyesi değerli bir ergojenik destek olarak kabul edilmektedir (Kreider et al., 2017; Hall et al., 2021).

Beta Alanin

Aşağıda genellikle dayanıklılık antrenmanlarında tercih edilen beta alanin takviyesinin fizyolojik etki mekanizması, dayanıklılık ve güç performansı üzerindeki etkisi, yüksek yoğunluklu egzersizler ve egzersiz sonrası toparlanma üzerindeki etkilerine dair bilgiler yer almaktadır.

Kas karnozin konsantrasyonlarının atletik performansı yükselten ve hücre içi pH tamponu olarak işlev gören beta alanin takviyesi ile büyük ölçüde artırılacağı belirlenmiştir (Trexler et al., 2015). Uzun süreli beta alanin tüketimi yoluyla artan kas içi karnozin seviyeleriyle daha iyi bir egzersiz homeostazı elde edilebilmektedir. Ancak beta alaninin potansiyel ergojenik faydalarının tamamı henüz tespit edilememiştir (Blancquaert et al., 2015).

Diğer yandan günlük kullanılması gereken optimal doz üzerinde yapılan bir çalışmada en az 2 ila 4 hafta boyunca günde 4 ila 6 gram beta alanin tüketmenin özellikle 1 ila 4 dakika süren egzersizlerde sporcu kapasitesini artırabileceği saptanmıştır (Trexler et al., 2015). Ayrıca bir başka çalışmada ise 6 ila 12 hafta süresince düzenli beta alanin takviyesi alımı sonucunda sporcuların Yo-Yo testindeki performanslarının artabileceği rapor edilmiştir (Grgic, 2021). Bununla birlikte beta alanin takviyesinin kas yorgunluğunda ve algılanan eforun biyokimyasal belirteçlerinde iyileşmeler sağladığı görülmüştür (Zanella et al., 2016).

Beta Alanin Takviyesinin Fizyolojik Etki Mekanizması

Beta alanin takviyesi yardımıyla oluşan karnozin artışı yoğun egzersizler sırasında asidozun önlenmesine ve kas performansının iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Blancquaert et al., 2015). Karnozin bunların yanı sıra yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında hücre içinde pH tamponu olarak görev görerek kas asiditesinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca beta alanin takviyesinin özellikle 1 ila 4 dakika süren yüksek yoğunluklu aktivitelerde egzersiz performansını artırmasındaki temel mekanizmanın karnozinin bu tamponlama özelliği olduğu değerlendirilmektedir (Trexler et al., 2015).

Diğer yandan kas içi karnozin seviyelerindeki artış açıklığa kavuşturulmuş olmasına rağmen bu artışı belirleyen yükleme sürecinin kesin faktörleri ve beta alaninin ergojenik etkisinin mekanizması halen araştırılmaya devam edilmektedir. Bunun yanında karnozinin kalsiyum düzenleyici olarak da işlev görebileceği ve kaslarda uyarma-kasılma eşleşmesini potansiyel olarak iyileştirebileceği rapor edilmiştir (Blancquaert et al., 2015). Ayrıca karnozinin genel fizyolojik etkilerine katkıda bulunan antiglikasyon ve antioksidan özelliklere sahip olduğu da belirlenmiştir (Blancquaert et al., 2015; Cesak et al., 2023). Beta alanin takviyesinin birincil etki mekanizmasının kas karnozin içeriğini artırarak pH tamponlamasını iyileştirmek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ek fizyolojik faydaları da bulunmaktadır. Bu ek faydalar arasında kalsiyum regülasyonu, antiglikasyon ve antioksidan aktivite üzerindeki potansiyel etkileri yer almaktadır (Blancquaert et al., 2015; Trexler et al., 2015).

Beta Alaninin Dayanıklılık ve Güç Performansı Üzerindeki Etkisi

Bassinello ve arkadaşları tarafından beta alanin takviyesinin dayanıklılık performansı üzerindeki etkilerine dair 2019 yılında yayımlanan bir çalışmada 4 hafta boyunca sporculara verilen 6,4 g/gün miktarındaki beta alanin takviyesinin izometrik dayanıklılık süresini yaklaşık %17 oranında iyileştirdiği tespit edilmiştir (Bassinello et al., 2019). Pliomatik antrenmanla (zıplama antrenmanı) birlikte alınan beta alanin takviyesinin kadın futbolcularda plasebo grubuna kıyasla dayanıklılık, tekrarlanan sprint performansı ve sıçrama yeteneklerinde daha belirgin iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir (Rosas et al., 2017).

Ancak bu sonuçların dışında başka bir çalışmada ise beta alanin takviyesinin VO₂peak veya laktat eşiği gibi dayanıklılık parametreleri üzerinde anlamlı bir etki göstermediği rapor edilmiştir (Jaffe et al., 2018). Ek olarak beta alanin takviyesinin güç performansı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmalarda beta alanin takviyesinin 1RM gücü, kas dayanıklılığı veya güç çıkışı gibi güç performansı parametrelerinde anlamlı bir iyileşme sağlamadığı bildirilmiştir (Jaffe et al., 2018; Bassinello et al., 2019; Smith et al., 2019). Örneğin: Jaffe ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma sonucunda 6 hafta süreyle alınan beta alanin takviyesinin silahlı kuvvetler askerlerinin vücut kompozisyonu veya fiziksel performansını iyileştirmede anlamlı bir fayda sağlamadığı belirlenmiştir (Jaffe et al., 2018).

Bunların yanı sıra beta alaninin etkileri egzersiz türüne ve çalışılan popülasyona bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Beta alanin takviyesinin rugby oyuncularında direnç egzersizi performansı üzerinde sınırlı bir etki gösterdiği bildirilirken, bu takviyenin yüksek yoğunluklu dayanıklılık egzersizlerinde etkisinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Smith et al., 2019; Roberts et al., 2023).

Beta Alaninin Yüksek Yoğunluklu Egzersizler ve Egzersiz Sonrası Toparlanma Üzerindeki Etkileri

Kratz ve arkadaşları tarafından yüksek yoğunluklu egzersizlerde beta alanin kullanımına dair yapılan bir çalışmada judo sporcularına 4 haftalık bir süre boyunca günde 6,4 g beta alanin takviyesi verilmesinin kan pH'ındaki ve bikarbonat düzeylerindeki egzersize bağlı muhtemel azalmaları engelleyerek simüle dövüşler ve fitness testlerindeki performansı artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca beta alanin takviyesinin judoya özgü testlerde gelişmiş glikolitik kapasiteyi işaret edecek şekilde atış sayısını artırdığı ve egzersize bağlı laktat tepkisini güçlendirdiği tespit edilmiştir (De Andrade Kratz et al., 2017). Benzer şekilde su topu oyuncularında 6 haftalık beta alanin takviyesi sonrası tekrarlanan sprint yeteneğinde ve top hızında iyileşmeler gözlemlenmiştir (Claus et al., 2017).

Beta alanin takviyesinin ergojenik etkileri tüm egzersiz türleri arasında tutarlı değildir. Bazı çalışmalar beta alanin takviyesinin izometrik dayanıklılık ve judo performansında belirgin iyileşmelere neden olduğunu bildirirken, bazı çalışmalar ise bu takviyenin izokinetik veya izotonik dayanıklılık, rugby performans ölçümleri ve yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz sonrasındaki direnç egzersiz performansı üzerinde anlamlı bir etki göstermediğini rapor etmektedir (De Andrade Kratz et al., 2017; Bassinello et al., 2019; Freitas et al., 2019; Smith et al., 2019).

Diğer yandan antrenmansız genç yetişkinler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada katılımcılara 28 gün süresince gündelik olarak 4,8 g beta alanin takviyesi verilmesinin yüksek yoğunluklu direnç egzersizi sonrasında kas iyileşme belirteçleri üzerinde herhangi bir iyileşme sağlamadığı belirlenmiştir. Beta alanin ve plasebo grupları arasında ise 72 saatlik iyileşme sürecinde başarısızlığa kadar tekrar sayısı, algılanan efor derecesi, kas ağrısı veya kan kreatin kinaz seviyeleri bakımından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Roveratti et al., 2019). Vücut kompozisyonu üzerine yapılan ve 20 araştırmanın yer aldığı bir meta analiz çalışmasında ise beta alanin takviyesinin takviye dozajı veya egzersiz eğitimi ile kombinasyonundan bağımsız olarak vücut kütlesi, yağ kütlesi, vücut yağ yüzdesi veya yağsız kütle üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı saptanmıştır (Ashtary-Larky et al., 2022). Özetle beta alanin takviyesinin belirli açılardan performans avantajları sağladığı gözlemlenirken bu takviyenin egzersiz sonrası toparlanma üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğu tespit edilmiştir (Smith et al., 2019; Ashtary-Larky et al., 2022).

Beta-Alanin Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Beta-alanin takviyesi önerilen dozlarda kullanıldığında genellikle güvenli kabul edilmektedir, ancak bazı potansiyel olumsuz sağlık etkileri de bildirilmiştir. Beta-alanin takviyesinin en yaygın yan etkisi, tipik olarak yüz, boyun ve ellerde hissedilen bir karıncalanma hissi olan parestezidir. Ancak bu durum, daha düşük bölünmüş dozlar (yaklaşık 1,6 g) şeklinde takviye alımı sağlanarak veya sürekli salınımlı formülasyonlar kullanılarak hafifletilebilmektedir (Trexler et al., 2015).

Beta-alanin önerilen dozlarda sağlıklı popülasyonlar için güvenli kabul edilirken, amino asit dengesi ve amonyak seviyeleri üzerindeki etkileri konusunda bazı endişeler mevcuttur. Artan beta-alanin alımı alanin, glutamin ve glutamat seviyelerinin yükselmesine yol açarken, glisin ve dallı zincirli amino asit (BCAA) seviyelerini düşürebilmektedir. Bu amino asit dengesizliği, özellikle karaciğer sorunları olan bireylerde potansiyel olarak olumsuz etkilere neden olabilir, çünkü artan amonyak ve glutamin seviyeleri karaciğer hasarı olan hastalar için uygun olmayabilir (Holeček, 2020).

Ayrıca beta-alanin de dahil olmak üzere yüksek dozda amino asit takviyelerinin uzun süreli tüketimi bağışıklık sistemi, beyin fonksiyonu, kas protein dengesi ve tümör büyümesi üzerinde zararlı yan etkilere yol açabilmektedir (Holeček, 2022).

Kafein

Bir diğer besin takviyesi olan kafein genellikle dikkat, uyanıklık ve konsantrasyon artışı için kullanılmakta olup aşağıda performans artışı üzerindeki fizyolojik etkileri, yağ yakımı yoluyla sporcu performansına katkıları ve sinir sistemi üzerinden spor performansına etkileri değerlendirilmiştir.

Sporcu performansı bakımından kas dayanıklılığını ve dikkati artırabilme özelliklerine sahip kafeinin ergojenik bir yardımcı olduğu ifade edilmektedir (Szerej et al., 2024). Bunun yanında bireyler kahve, spor içecekleri, jeller, sakızlar ve kafeinin susuz formu dahil olmak üzere çeşitli tüketim yollarıyla kafein tüketmektedirler. Ancak seçilen her bir tüketim yolunun kendine özgü pratik sonuçları mevcuttur (Pickering and Kiely, 2019). Diğer yandan kafeinin çeşitli spor dallarında kullanımını destekleyen geniş bir fiziksel aktivite yelpazesinde ergojenik faydaları belirgin şekilde gözlemlenmiştir (Baltazar-Martins et al., 2020).

Kafein takviyesinin performans üzerindeki avantajları ve dozajlama yöntemlerinin etkinliği ise karmaşıktır ve çeşitli koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin: 5 kilometrelik koşu performansının sakız, ağızda eriyen bantlar veya haplar gibi çeşitli formda kafein takviyeleri ile iyileştirilebileceği belirlenmiş olsa da bu iyileşmenin derecesi sporcular arasında farklı düzeylerde olabilmektedir (Whalley et al., 2020). Kafein takviyesine yanıtta cinsiyet farklılığının etkisi üzerine yapılan bir çalışmaya göre ise anaerobik performans için ergojenik etkiler açısından erkeklerin kafein takviyesinden kadınlara kıyasla daha fazla fayda sağladığı rapor edilmiştir (Mielgo Marques et al., 2019). Ayrıca sporculara 3-6 mg/kg kafein almaları önerilmektedir. Daha yüksek dozlar ek avantaj sağlamadıkları gibi olumsuz sonuçlara da yol açabilir (Juliana and Rafaella-Maria, 2016). Kafein tüketiminin ne zaman yapıldığı da önem arz etmektedir. Bu konuda yapılan bir çalışmada egzersizden 35 dakika önce kafein takviyesi almanın performans artışı için en etkili yol olabileceğini belirtilmiştir (Davenport et al., 2020).

Bunların yanı sıra kafein takviyesi ve bilişsel performans üzerine yürütülmüş olan bazı çalışmalarda spor sırasında dikkat, konsantrasyon ve bilişsel performans üzerinde kafeinin

olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir (Sainz et al., 2020; Guest et al., 2021). E-spor alanında 2020 yılında yapılmış olan bir çalışmada ise 3 mg/kg oranında kafein alımının basit reaksiyon süresini iyileştirdiği, hedefleri vurma süresini azalttığı ve birinci şahıs nişancı oyunlarında isabet oranını artırdığı belirlenmiştir (Sainz et al., 2020). Bununla birlikte kafein takviyesinin dövüş sporlarında reaksiyon süresini iyileştirdiği ve dövüşler sırasında hücum eylemlerinin sayısını artırdığı gözlemlenmiştir (Diaz-Lara et al., 2023). Ayrıca Wang ve arkadaşları tarafından bireyler ve egzersiz türleri arasında değişen optimal kafein dozu üzerine yapılmış olan bir çalışmada sadece 3 mg/kg'lık düşük bir kafein takviyesi dozunun daha yüksek kafein takviyesi dozlarına kıyasla uzun süreli aralıklı egzersiz sırasında fiziksel performans ve biliş üzerinde daha olumlu etkileri olduğu rapor edilmiştir (Wang et al., 2020). Diğer yandan kafeinin 3-6 mg/kg gibi orta dozlarda tüketilmesinin de çeşitli spor dallarında dikkat, konsantrasyon ve bilişsel performansı tutarlı bir şekilde artırdığı tespit edilmiştir (Guest et al., 2021).

Çalışmalarda ifade edildiği üzere kafein takviyesi sporcu performansını artırabilmektedir. Ancak kafein takviyesinden elde edilen faydalar cinsiyet, atletik yetenek, düzenli kullanım, doz, zamanlama ve takviye türü dahil olmak üzere bir dizi parametreye bağlı olarak değişmektedir. Potansiyel yan etkileri en aza indirirken, kafeinin ergojenik faydalarını optimize etmek için bireyselleştirilmiş ve spora özgü bir yaklaşım tavsiye edilmektedir (Juliana and Rafaella-Maria, 2016; Mielgo Marques et al., 2019; Pickering and Kiely, 2019; Davenport et al., 2020; Pickering and Grgic, 2020; Whalley et al., 2020; Bougrine et al., 2023; Szerej et al., 2024).

Kafeinin Performans Artışı Üzerindeki Fizyolojik Etkileri

Kafein adenosin reseptörlerini antagonize ederek merkezi sinir sistemi üzerinde uyarıcı etki göstermektedir. Bu yolla sporcularda odaklanmayı artırmakta, efor algısını azaltmakta ve egzersiz performansını iyileştirmektedir (Barreto et al., 2021). Ayrıca kafeinin fizyolojik etkileri yalnızca merkezi sinir sistemi ile sınırlı kalmayıp kardiyovasküler, pulmoner ve kas sistemlerini de etkileyerek yüksek yoğunluklu tüm vücut egzersizi sırasında sporcu performansının artmasına katkı sağlamaktadır (Lima-Silva et al., 2021).

Looby ve arkadaşları tarafından kafeinin ergojenik etkilerinde farmakoloji ve psikoloji arasındaki karmaşık etkileşimin incelendiği bir çalışmada kafeinin performans üzerindeki etkisinin modülasyonunda sporcu beklentisinin önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir. Çalışma daha güçlü bir uyarıcı (Örneğin: Adderall) tükettiklerini düşünen katılımcıların aslında kafein almış olmalarına rağmen, aynı şekilde kafein tüketen ve ancak başka bir uyarıcı almadıklarını düşünen kontrol grubuna kıyasla ruh hali, bilişsel performans ve öznel ilaç etkileri bakımından daha belirgin iyileşmeler elde ettiklerini tespit etmiştir (Looby et al., 2022).

Kafeinin performans artırıcı etkileri hem fizyolojik hem de psikolojik mekanizmaları içeren çok yönlü bir yapıya sahiptir. Dayanıklılık, güç ve bilişsel görevler açısından genel olarak faydalı olmasına rağmen kafeinin ergojenik etkilerinin büyüklüğü bireyler arasında önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Genetik polimorfizmler, özellikle CYP1A2 genindeki varyasyonlar, alışılmış kafein tüketimi ve bireysel beklentiler gibi faktörler, kafein takviyesine verilen yanıtlardaki değişkenliğe katkıda bulunmaktadır (Martins et al., 2020; Barreto et al., 2021).

Yağ Yakımı Yoluyla Kafeinin Performansa Katkıları

Kafeinin yağ oksidasyonu ve egzersiz performansı üzerinde önemli etkileri olduğuna dair 2021 yılında yayımlanan bir çalışmada kafein alımının egzersiz sırasında, özellikle düşük ila orta şiddetteki yoğunluklarda yağ oksidasyon oranlarını artırabileceği belirlenmiştir (Gutiérrez-

Hellín et al., 2021). Bu artan yağ oksidasyonu kas glikojenini koruyarak ve dayanıklılık performansını artırarak kafeinin ergojenik etkilerine katkıda bulunmaktadır (Saunders et al., 2023; Szerej et al., 2024).

Diğer yandan hem fizyolojik hem de psikolojik mekanizmaların kafeinin substrat kullanımı ve performans üzerindeki etkilerine katkıda bulunduğu, bu nedenle kafeinin plasebo etkisinin de yağ metabolizması üzerinde etkisi olduğu öne sürülmüştür. Bu konuda yapılan bir araştırma plasebo grubundaki bireylerin yalnızca kafein tüketenlerine inanmalarının, egzersiz sırasında yağ oksidasyon oranlarında gerçekten kafein almanın sağladığı artışlarla benzer sonuçlar elde etmelerine olanak tanıdığını rapor etmiştir (Gutiérrez-Hellín et al., 2021).

Kafeinin yağ metabolizması üzerindeki belirgin etkilerine rağmen, genel ergojenik faydalarının birden fazla mekanizmanın etkileşimine bağlı olduğu ifade edilmektedir. Kafein merkezi sinir sistemi reseptörlerini uyarmakta ve bu da egzersiz esnasında algılanan eforu ve ağrı hissini azaltarak performans artışına katkı sağlamaktadır (Barreto et al., 2021). Ayrıca kafein takviyesi kas kasılmasını ve dayanıklılığını artırmaktadır (Szerej et al., 2024). Bu merkezi ve periferik etkilerin gelişmiş yağ oksidasyonu ile birlikte kafeinin çeşitli egzersiz türlerindeki performansı artırma potansiyelini açıkladığı düşünülmektedir (Chia et al., 2017; Saunders et al., 2023). Bununla birlikte kafeine verilen bireysel tepkiler genetik faktörlere ve alışılmış kafein tüketimi düzeyine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir (Saunders et al., 2023; Szerej et al., 2024).

Kafeinin Sinir Sistemi Üzerinden Spor Performansına Etkileri

Kafein takviyesinin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri yoluyla spor performansını belirgin şekilde artırdığı bildirilmiştir. Birkaç çalışma kafeinin bazı sinir reseptörlerini bloke ederek çeşitli spor dallarında fiziksel ve bilişsel performansı artırabildiğini, bu mekanizma aracılığıyla da sporcuların uyanıklık düzeylerini yükseltebileceğini ve dolaylı olarak atletik performanslarını geliştirebileceğini rapor etmiştir (López et al., 2018; Szerej et al., 2024).

Bir diğer yandan kafeinin ergojenik etkileri öncelikle merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkisine dayandırılmaktadır. Bu uyarıcı etki sporcuların dayanıklılık, güç ve güce dayalı performanslarında iyileşmeler sağlamaktadır (Tan et al., 2021). Pereira ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yayımlanan bir çalışmada kafeinin yorgunluk başlangıcını geciktirerek ve algılanan efor derecesini (RPE) azaltarak bireysel performansı artırdığı belirlenmiştir (Pereira et al., 2016). Örneğin: Basketbolda kullanılan kafein takviyesinin bu spor dalı için kritik fiziksel özellikler olan dikey sıçrama yüksekliğini, sprint hızını ve çevikliği artırdığı rapor edilmiştir (Tan et al., 2021; Lazić et al., 2022).

Ayrıca kafeinin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerinin yanı sıra diğer fizyolojik sistemler üzerindeki etkilerinin de göz ardı edilmemesi gerektiği ifade edilmiştir. Kafein takviyesi pulmoner, kardiyovasküler ve kas sistemlerini doğrudan etkileyerek yüksek yoğunluklu tüm vücut egzersizi sırasında sporcu performansının artmasına katkıda bulunabilmektedir (Lima-Silva et al., 2021). Ek olarak kafein performansı artırabilirken bazı sporcularda uykusuzluk, anksiyete ve idrar atılımında artış gibi yan etkilere de yol açabilmektedir. Bu nedenle sporcuların kafein tüketiminin bireysel toleranslarına ve ihtiyaçlarına göre dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir (Lazić et al., 2022).

Kafein Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Kafein takviyesi, ergojenik etkileri nedeniyle yaygın olarak kullanılsa da özellikle yüksek dozlarda veya hassas popülasyonlar tarafından tüketildiğinde sağlık üzerinde çeşitli olumsuz

etkilere yol açabilmektedir. Yüksek dozda kafein alımı uyku bozuklukları, mide sorunları ve kardiyak semptomlar gibi çeşitli olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bunların yanında kafein bağımlılığı da bu takviye konusunda mevcut olan yaygın endişeler arasında yer almaktadır. Bu endişeyi destekleyen bir çalışmada sağlık hizmeti sağlayıcılarının %60,9'unun kafein bağımlısı teşhisi aldığı rapor edilmiştir (Amer et al., 2023). Ayrıca uzun süreli veya aşırı kafein tüketimi bağımlılık, uykusuzluk ve migrenle sonuçlanabilmektedir (Saimaiti et al., 2023). Sporcularda ise $\geq 6,1$ mg/kg'dan daha yüksek dozda kafein takviyesi alımının taşikardi, kalp çarpıntısı ve uykuya dalmakta zorluk çekme gibi yan etkilere neden olduğu gözlemlenmiştir (Souza et al., 2022).

Diğer yandan kafein alımı mitokondriyal disfonksiyona neden olabilmektedir (Min et al., 2020). Ayrıca ergenlerde, kafeinli enerji içeceklerinin aşırı tüketimi kafein toksisitesine yol açarak taşikardi, kusma, kardiyak aritmiler ve nöbetlerle sonuçlanabilmektedir. Kafein ve alkol kombinasyonu ise genç yetişkinlerde risk alma davranışlarının artmasıyla ve araç kullanma bozukluklarıyla ilişkilendirilmiştir (Sanctis et al., 2017).

Sonuç olarak orta düzeyde kafein alımı bazı bireyler için faydalı olabilirken, hassas popülasyonlar tarafından aşırı tüketimi veya kullanımı önemli sağlık risklerine neden olabilmektedir. Çocuklar, ergenler, hamile kadınlar ve kafeine duyarlı bireyler olası olumsuz etkilerden kaçınmak için dikkatli olmalı ve kafein alımlarını sınırlandırmalıdır (Saimaiti et al., 2023).

Nitrat (Pancar Suyu)

Kardiyoprotektif bir etkiye sahip olan ve dayanıklılık sporlarında tercih edilen nitrat (pancar suyu) takviyesinin kardiyovasküler performansa katkısı, VO_2 max üzerindeki etkileri, dayanıklılık sporcularında ve bazı diğer spor dallarında kullanımına dair çalışmalar aşağıda tartışılmıştır.

Nitrat takviyesinin sporcuların performansı üzerindeki etkisine dair birbirinden farklı sonuçlar mevcuttur. Öncelikle nitratın mitokondriyal verimliliği artırdığı ve bunun sonucunda da sporcularda performans süresince görülen yorgunluk miktarlarında düşüş ve dayanıklılık düzeylerinde ise artış sağladığı rapor edilmiştir (Lorenzo Calvo et al., 2020). Sıklıkla pancar suyu gibi kaynaklardan elde edilen nitratın ergojenik faydaları özellikle daha az antrenmanlı kişilerde vazodilatasyon ve gelişmiş kan akışı ile bağlantılı olarak kendini göstermektedir (Poortmans et al., 2015; Macuh and Knap, 2021). Ayrıca orta düzeyde eğitilmiş sporcular nitrat takviyesinden profesyonel sporculara kıyasla daha fazla miktarda fayda görmektedirler. Örneğin: Araştırmalar nitrat takviyesinin bazı sporlarda zirve güç çıkışını artırabildiğini, kısa mesafeli zaman denemelerinde performansı iyileştirdiğini ve dövüş sporlarında kas gücünü artırdığını rapor etmiştir (Kramer et al., 2016; Shannon et al., 2017; Delleli et al., 2023). Bununla birlikte üst düzey sporcuların nitrik oksit yollarının optimize olmuş olmasından ötürü orta düzey sporculara kıyasla nitrat takviyesinin bu olumlu etkilerinden aynı ölçüde fayda sağlayamayabileceği bildirilmiştir (Porcelli et al., 2015).

Ek olarak nitrat takviyesinin faydalı olabilmesi için dozajı ve uygulanma şekli önem arz etmektedir. Bu nedenle egzersizden önce doğru zamanda ve uygun miktarda alınması gerekmektedir. 2020 yılında yayımlanan bir çalışmada önerilen nitrat takviyesi akut dozu aktiviteden 2-3 saat önce alınan 6-12,4 mmol/gün arasında değişmektedir ve 6-15 gün boyunca benzer kronik dozajın uygulanması gerektiği bildirilmiştir (Lorenzo Calvo et al., 2020). Bununla birlikte bireye özgü hazırlanmış doğru diyet planlarıyla (nitrat oranı yüksek sebzeler tüketerek) nitrat gereksiniminin takviyeye gerek kalmayacak şekilde sağlanabileceği ifade

edilmiştir (Macuh and Knap, 2021). Sonuç olarak nitrat takviyesinin sporcularda özellikle daha az deneyimli sporcularda dayanıklılığı, güç çıkışını ve kas kuvvetini artırdığı tespit edilmiştir (Kramer et al., 2016; Lorenzo Calvo et al., 2020; Delleli et al., 2023).

Nitratın Kardiyovasküler Performansa Katkısı

Nitrik Oksit kardiyovasküler fonksiyonda önemli bir rol oynamasının yanı sıra sebze ve meyveler bakımından zengin bir içeriğe sahip diyetin potansiyel bir kardiyoprotektif bileşeni olarak öne çıkmaktadır (Bondonno et al., 2016; Bondonno et al., 2018). Klinik çalışmalarla diyetle nitrat takviyesinin çeşitli kardiyovasküler parametrelerde iyileşmeler sağlayabileceği gösterilmiştir. İyileşme gösteren parametreler arasında kan basıncında azalma, endotel fonksiyonunda artış, arteriyel sertlikte azalma, iskemi-reperfüzyon hasarı sonuçlarında iyileşme ve daha iyi trombosit fonksiyonu yer almaktadır (Bondonno et al., 2016; Jackson et al., 2018; Bahrami et al., 2021). Bunlarla birlikte nitrat alımının kardiyovasküler hastalıklar üzerindeki etkilerine dair yapılmış iki meta analiz çalışması sonucunda diyetle nitrat alımı ile kan basıncı ve diğer kardiyovasküler hastalık sonuçları arasında negatif bir korelasyonun mevcut olduğu belirlenmiştir (Jackson et al., 2018; Pinaffi-Langley et al., 2024). Ayrıca nitratın damar sağlığı üzerindeki olumlu etkileri genellikle sağlıklı bireylerde daha sık gözlemlenirken, kardiyovasküler hastalık riski taşıyan popülasyonlarda bu olumlu etkiler daha az sıklıkla görülmektedir (Blekkenhorst et al., 2018). Rammos ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı bir çalışmada diyet nitratının yaşa bağlı kardiyovasküler değişiklikleri tersine çevirme potansiyeli incelenmiş ve nitrat desteğiyle yaşlı farelerde sol ventrikül diyastolik fonksiyonunu, arteriyel uyumu ve koroner akış rezervini iyileştirmede olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Ramos et al., 2016).

Nitratın VO₂ Max üzerindeki Etkileri

Bazı araştırmalar nitrat takviyesinin antrenmanlı sporcularda VO₂ max değerini önemli ölçüde etkilemediğini öne sürmektedir. Christensen ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada nitrat takviyesinin dayanıklılık eğitimi almış bisikletçilerde ve rekreasyonel aktif deneklerde VO₂ max değerini etkilemediği belirlenmiştir (Christensen et al., 2017). Benzer şekilde Carriker ve arkadaşları tarafından 2016 yılında yayımlanmış olan bir başka çalışmada ise çeşitli egzersiz dallarında nitrat ve plasebo grupları arasında oksijen tüketimi bakımından anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir (Carriker et al., 2016).

Diğer yandan 2021 yılında yayımlanmış bir meta analiz çalışmasında nitrik oksit üretimini artıran L-arginin takviyesinin sağlıklı kişilerde VO₂ max değerini artırabileceği sonucuna varılmıştır (Rezaei et al., 2021). Gao ve arkadaşları tarafından yapılmış bir meta analiz çalışmasında ise nitrat takviyesinin egzersiz sırasında VO₂ düzeyini azalttığı ancak VO₂ max üzerinde önemli bir etkisi olmadığı rapor edilmiştir (Gao et al., 2021). Ayrıca nitrat takviyesinin etkileri antrenman durumu, takviye protokolü ve egzersiz yöntemi gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Nitrat takviyesinin VO₂ max bakımından da daha az eğitilmiş bireylerde (VO₂ max < 65 ml/kg/dk) daha etkili olduğu bildirilmiştir (Macuh and Knap, 2021). Bunun yanında nitratın etkilerinin belirli egzersiz sürelerinde ve yoğunluklarında daha belirgin olabileceği ifade edilmiştir (Macuh and Knap, 2021; Tan et al., 2022).

Dayanıklılık Sporlarında Nitrat Takviyesinin Kullanımı

Diyetle nitrat takviyesi dayanıklılık sporcuları için potansiyel bir ergojenik yardımcı olarak kendini göstermektedir. Bazı çalışmalar nitrat takviyesinin submaksimal egzersiz sırasında oksijen maliyetini azaltabileceğini ve egzersiz toleransını artırabileceğini rapor etmektedir (Porcelli et al., 2015; Lorenzo Calvo et al., 2020). Bununla birlikte nitrat takviyesinin iyi antrenmanlı dayanıklılık sporcuları üzerindeki etkilerine dair yapılmış olan bir çalışmada nitrat

takviyesinin kardiyorespiratuar parametrelerde ve performans ölçümlerinde ergojenik faydalarının mevcut olduğu bildirilirken, bu konuyu inceleyen iki farklı araştırmada ise elit sporcularda nitrat takviyesiyle önemli bir gelişme görülmediği rapor edilmiştir (Porcelli et al., 2015; Pawlak-Chaouch et al., 2019; Lorenzo Calvo et al., 2020). Ayrıca nitrat takviyesinin etkinliğinin bireyin aerobik zindelik seviyesiyle ters orantılı olduğu görülmektedir. Daha zinde deneklerin plazma nitrat ve nitrit seviyelerinde daha düşük bir artış ve daha az performans artışı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte elit sporcularda nitrat takviyesinin ergojenik etkilerini ortaya çıkarabilmek için farklı yükleme rejimlerine ihtiyaç duyulabileceği belirtilmiştir (Porcelli et al., 2015).

Pancar Suyu Takviyesinin Farklı Spor Dallarında Kullanımı

Pancar suyu (BRJ) takviyesinin kardiyorespiratuar dayanıklılığı ve egzersiz performansını artırmada potansiyel olarak olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Domínguez et al., 2017). Örneğin: 15 günlük BRJ takviyesi sonrasında elit orta ve uzun mesafe koşucularının tükenme sürelerinde kayda değer iyileşmeler tespit edilmiştir (Balsalobre-Fernández et al., 2018).

Takım sporlarında BRJ'nin etkileri daha az tutarlıdır. Genç erkek basketbolcular üzerinde yapılan bir çalışmada akut BRJ takviyesinin nöromüsküler performansta belirgin bir iyileşme sağlamadığı gözlemlenmiştir (López et al., 2020). Benzer şekilde profesyonel tenis oyuncuları üzerinde yapılan bir çalışmada akut BRJ alımının tenis maçı sırasında tenis oyuncularının performansı bakımından anlamlı bir fayda sağlamadığı rapor edilmiştir (Fernández-Elías et al., 2022). Bunların yanı sıra BRJ takviyesinin yüksek yoğunluklu aralıklı egzersizler sonrasında toparlanma süresini kısalttığı ve kısa süreli maksimal yoğunluklu egzersizlerin tekrarlanan setleri sırasında performans artışı sağladığı belirlenmiştir (Wylie et al., 2016).

Ayrıca dövüş sporlarında BRJ alımının oksidatif metabolizmayı ve kas kuvvetini artırdığı ancak bu etkilerin popülasyon, alım süresi ve egzersiz türü gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği bildirilmiştir (Delleli et al., 2023). Kış sporlarında 7 günlük BRJ takviyesinin yüksek hızlarda koşu performansını iyileştirdiği ve kış triatletlerinin bisiklet sürme sırasında tükenme sürelerini uzattığı, ancak 10 km kros kayağında performansı artırmadığı tespit edilmiştir (Huang et al., 2023). Özetle BRJ takviyesinin etkinliği spor dalına özgü olup egzersiz yoğunluğu, süresi ve bireysel fitness seviyeleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Dayanıklılık aktiviteleri ve bazı yüksek yoğunluklu, aralıklı egzersizlerde umut vaat ederken takım sporları ve belirli kış sporlarındaki faydaları ise daha az belirgindir (Olsson et al., 2019; Forbes and Spriet, 2022).

Kas gelişimini artırma ve kas hasarını, ağrısını azaltmak amacıyla tercih edilen dallı zincirli amino asitlerin önerilen kullanım dozajları, kas protein sentezi üzerindeki etkisi, metabolik etki yolları, kas iyileşme sürecindeki kullanımı, egzersiz performansına katkısı, direnç ve dayanıklılık sporlarında kullanımı, egzersiz sonrası alımı ve toparlanmaya katkısı aşağıda verilmiştir.

Pancar Suyu Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Pancar suyu (BRJ) takviyesi, çeşitli potansiyel faydalar sunarken, dikkate alınması gereken bazı olumsuz sağlık etkilerine de sahiptir. BRJ tüketimi, nitrat alımını kabul edilebilir günlük alım miktarının üzerine kolayca çıkarabilmekte ve potansiyel olarak kanserojen olduğu bilinen N-nitroso bileşiklerinin (NOC'ler) endojen oluşumunu uyarabilmektedir (Zamani et al., 2021). 2019 yılında yayımlanmış bir çalışmada BRJ takviyesinin hem tek hem de yedi ardışık dozdan sonra idrarda görünür toplam N-nitroso Bileşiklerinde (ATNC) önemli bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir (Berends et al., 2019).

BRJ takviyesi sağlık ve atletik performansın çeşitli yönlerini iyileştirme konusunda umut vaat ederken, kronik kullanımda kanserojen bileşiklerin potansiyel oluşumunu göz önünde bulundurmak çok önemlidir. Olumsuz etkilere ilişkin özellikle performansı artırmak için uzun süreli kullanımı düşünen sporcular için BRJ takviyesine temkinli yaklaşımın öneminin altı çizilmektedir (Berends et al., 2019).

Dallı Zincirli Amino Asitler

Dallı Zincirli Amino Asitlerden (BCAA) olan valin, lösin ve izolösinin kaslara etki ederek kas iyileşmesini ve performansını artırabilecek anabolik sinyalleri tetiklediği düşünülmektedir (Martinho et al., 2022). Bununla birlikte yapılan bir araştırmada BCAA'ların direnç antrenmanını takiben kaslardaki ağrıyı azalttığı gösterilse de dayanıklılık sporlarındaki vücut kompozisyonu ve performans üzerindeki avantajlarının minimum düzeyde olduğu görülmektedir (Martinho et al., 2022). Ayrıca kas hipertrofini tedavi etmede tek başına BCAA'ların etkinliği hakkında kesin bir sonuca ulaşılamamıştır (Santos and Nascimento, 2019).

Lösin takviyesinin direnç egzersizleri sırasında iskelet kaslarındaki protein sentezini artırmasının yanı sıra bu BCAA takviyesinin kas gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağladığı tespit edilmiştir (Brestenský et al., 2015). Ayrıca kas hasarının derecesi düşük ila orta düzeyde olduğunda ve takviye stratejisi uzun süre boyunca yüksek günlük BCAA alımı gerektirdiğinde BCAA'ların egzersiz kaynaklı hasarla ilişkili yapısal ve metabolik değişiklikleri sınırlamada faydalı olabileceği rapor edilmiştir (Fouré and Bendahan, 2017).

Dozlama teknikleri söz konusu olduğunda ise belirlenmiş bir minimum veya maksimum BCAA miktarı mevcut değildir. Yine de 40:20:20 mg/kg/gün düzeyinde lösin, izolösün ve valin alınması tavsiye edilmektedir (Brestenský et al., 2015). Vücudun diğer BCAA'ları tüketmesini önlemek amacıyla tek tek amino asit alımı yapmak yerine BCAA'ların bir kombinasyon şeklinde kullanılması önerilmektedir (Brestenský et al., 2015). Ayrıca zorlu aktivitelerden önce, uzun bir süre boyunca (>10 gün) uygulanan günlük yüksek doz BCAA takviyesi alımının (>200 mg/kg/gün) büyük oranda faydalı olduğu belirlenmiştir (Fouré and Bendahan, 2017). BCAA takviyelerinin avantajlarından maksimum düzeyde yararlanabilmek için tüketim miktarını, zamanlamasını ve süresini dikkate alan stratejik bir yaklaşımla kullanılması tavsiye edilmektedir (Brestenský et al., 2015; Fouré and Bendahan, 2017).

BCAA'ların Kas Protein Sentezi Üzerindeki Etkisi

BCAA'lar kas protein sentezinde (MPS) karmaşık bir rol oynamaktadır. Bu konuda BCAA'ların mTOR yolunun aktivasyonu ve amino asit taşıyıcılarının regülasyonu yoluyla MPS'yi uyurabileceği bildirilmiştir (Zhang et al., 2022). Diğer yandan Wolfe tarafından 2017 yılında yayımlanan bir çalışmada ise BCAA'ların tek başına insanlarda anabolik bir yanıt üretmek için yetersiz olduğunu savunulmaktadır (Wolfe, 2017).

Yüksek amonyak seviyelerinin protein sentezini bozabileceği ve BCAA katabolizmasını aktive edebileceği ancak artan BCAA mevcudiyetinin bu olumsuz etkileri hafifletebileceği belirlenmiştir (Holeček and Vodeníčarovová, 2018). Bununla birlikte uzun bir süre yüksek BCAA seviyelerine sahip olmak bozulmuş insülin sinyali ve iskelet kası hücrelerinde azalmış glikojen sentezi ile ilişkilendirilmiştir (Crossland et al., 2020). Diğer yandan BCAA'lar özellikle lösin, kas proteini mekanizmasını aktive etmek için sinyal molekülleri olarak hareket edebilirken insanlarda MPS'yi uyarmadaki etkinlikleri kesin olarak belirlenememiştir (Gorissen

and Phillips, 2019). BCAA takviyesinin potansiyel faydaları karaciğer hastalığı veya kas kaybı bozuklukları gibi belirli durumlarda daha belirgin olabilmektedir (Dimou et al., 2022).

BCAA Kullanımı ile İlgili Metabolik Yollar

BCAA'lar çeşitli fizyolojik süreçler için kritik öneme sahip olan karmaşık metabolik yollarda yer alan temel amino asitlerdir. BCAA'ların metabolizması transaminasyon ve ardından koenzim-A türevlerine oksidatif dekarboksilasyonu içermektedir ve bu süreç sonunda Krebs döngüsüne giren asetil-CoA ve/veya propiyonil-CoA oluşmaktadır (Manoli and Venditti, 2016). Bu yollar BCAA aminotransferaz (BCAT) ve dallı zincirli α -keto asit dehidrojenaz (BCKD) gibi anahtar enzimler tarafından düzenlenmektedir (Dimou et al., 2022).

BCAA'ların protein sentezini, hücre büyümesini ve metabolizmayı düzenleyen mTOR sinyal yolunu aktive ettikleri saptanmıştır (Peng et al., 2020; Jung et al., 2021). Ek olarak BCAA'lar PI3K/AKT/mTOR sinyal ağında yer alarak glikoz, lipid ve protein metabolizmasının yanı sıra bağırsak sağlığı ve bağışıklığını da etkilemektedir (Nie et al., 2018). BCAA metabolizmasının çeşitli fizyolojik süreçler ve hastalık durumlarıyla karmaşık bir şekilde bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Bunların yanı sıra değişen BCAA metabolizması kardiyovasküler hastalıklar, kanser progresyonu, tip 2 diyabet ve insülin direnciyle ilişkilendirilmiştir (Nie et al., 2018; Peng et al., 2020; Wang et al., 2022).

Kas İyileşme Sürecinde BCAA Kullanımı

BCAA'lar kas iyileşmesi ve performans artışındaki potansiyel rolleri nedeniyle dikkate alınmış ve incelenmiştir. BCAA'ların anabolik sinyalleri aktive ettiği ve protein sentezini uyardığı bilinmekle beraber atletik performans ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerinin minimal düzeyde olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte BCAA'ların özellikle direnç antrenmanları sonrasında egzersiz kaynaklı kas ağrısını azaltmada faydalı olabileceği saptanmıştır (Martinho et al., 2022).

Ayrıca diyetle yeterli protein tüketildiğinde BCAA takviyesinin etkinliği tartışmalıdır (Kurmavev et al., 2023). Örneğin: İntravenöz BCAA infüzyonu sonrası BCAA'ların hem kas protein sentezini hem de yıkımını azalttığı ve kas protein döngüsünde bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Wolfe, 2017). Sonuç olarak BCAA'lar protein sentezinde önemli bir rol oynamakla beraber kas ağrısını azaltmaya yardımcı olabilmektedirler. Ancak kas iyileşmesindeki etkinlikleri konusunda kesin bir sonuca varılamamıştır (Martinho et al., 2022).

BCAA'ların Egzersiz Performansına Katkısı

Dayanıklılık performansı açısından BCAA takviyesinin bazı olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada BCAA'ların arginin ve sitrülün ile birleştirilmesinin serebral serotonin sentezini inhibe ederek ve aşırı hiperamonyemiye önleyerek dayanıklılık koşucularında art arda iki gün boyunca zaman denemesi performansını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (Cheng Ishiung et al., 2016). Bunun yanı sıra BCAA takviyesinin atletik performans üzerindeki faydaları tam olarak belirlenmemiştir (Martinho et al., 2022).

Direnç egzersizlerinde ise BCAA takviyesinin özellikle antrenmanlı erkeklerde kas hasarını azaltmada ve kas ağrısını iyileştirmede bazı faydaları olduğu bildirilmiştir. 2021 yılında yayımlanan bir meta analiz çalışmasında BCAA takviyesinin egzersiz sonrası farklı zaman dilimlerinde plazma kreatin kinaz seviyelerini düşürmede ve egzersizden sonraki 24 saat içinde kas ağrısını azaltmada olumlu etkileri olduğu saptanmıştır (Khemtong et al., 2021). Bir diğer yandan BCAA'lar genellikle egzersiz sonrası toparlanma amacıyla kullanılırken basketbol oyuncularını üzerinde yapılan bir çalışmada yön değiştirme sprintinden sonra meydana gelen kas

hasarını, ağrıyı, nöromusküler performansı veya arteriyel sertliği azaltmada BCAA takviyesinin anlamlı bir faydası olmadığı tespit edilmiştir (Khemtong et al., 2022). Özetle BCAA'ların dayanıklılık ve direnç egzersizlerinde özellikle kas hasarını ve ağrısını azaltmada bazı potansiyel faydalar sunduğu ancak performans artışı üzerindeki genel etkilerinin sınırlı kaldığı görülmektedir (D. Tambalis and Arnaoutis, 2022; Martinho et al., 2022).

Direnç ve Dayanıklılık Sporcuları için BCAA Kullanımı

Direnç sporcuları için BCAA'ların özellikle egzersiz sonrası ilk 24-48 saat içinde kas hasarını ve ağrısını azaltmada yardımcı olabileceği rapor edilmiştir (Khemtong et al., 2021). Bununla birlikte BCAA'ların genel performans ve vücut kompozisyonu üzerindeki faydalarının düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir (Martinho et al., 2022). 2017 yılında yayımlanan bir çalışmada BCAA takviyesinin dayanıklılık egzersizinden sonra laktat klirensini artırdığı ve pürin nükleotid döngüsü aktivitesini azalttığı rapor edilirken, 2019 yılında yayımlanan başka bir çalışmada ise BCAA takviyelerinin kullanımıyla aerobik kapasite veya performansta anlamlı bir gelişme sağlanamadığı bildirilmiştir (Tang and Chan, 2017; Durkalec-Michalski et al., 2019). Ayrıca BCAA'lar anabolik sinyalleri aktive ederken ergojenik faydaları belirsizliğini korumaktadır. Bu takviyelerin etkinlik düzeyi egzersiz türü, antrenman durumu ve genel protein alımı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (D. Tambalis and Arnaoutis, 2022; Martinho et al., 2022).

Egzersiz Sonrası BCAA Alımı ve Toparlanma

BCAA takviyesinin egzersiz sonrası toparlanma ve kas fonksiyonu üzerindeki etkileri üzerine yapılan bazı çalışmalar BCAA alımının yüksek yoğunluklu egzersizin ardından kas hasarı ve ağrı belirteçlerini azaltabileceğini göstermektedir (Rahimlou et al., 2019; Arroyo-Cerezo et al., 2021). BCAA takviyesinin özellikle egzersizden 72 saat sonrasına kadar gecikmiş başlangıçlı kas ağrısını (DOMS) hafiflettiği tespit edilmiştir (Rahimlou et al., 2019).

Ayrıca BCAA alımının proteoliz mekanizmalarının egzersizle indüklenen aktivasyonunu baskıladığı görülse de kas protein sentezi ile ilişkili anabolik sinyal yollarını anlamlı bir ölçüde aktive etmeyebileceği belirtilmektedir (Lysenko et al., 2018). Bunun yanı sıra BCAA takviyesinin laktat dehidrojenaz seviyeleri ve kas performansı üzerindeki etkileri konusunda bazı çalışmalar arasında çelişkiler mevcuttur (Rahimlou et al., 2019; Salem et al., 2024). Özellikle egzersizden önce ve sonra tüketilen 2-10 g/gün dozlarında BCAA takviyesinin sporcularda egzersiz sonrası kas hasarını ve ağrısını azaltmak için etkili bir strateji olabileceği rapor edilmiştir (Arroyo-Cerezo et al., 2021; Salem et al., 2024). Bununla birlikte BCAA takviyesi alımının optimal dozajı ve zamanlaması egzersizin türüne ve yoğunluğuna ve ayrıca bireysel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Rahimi et al., 2017; Martinho et al., 2022).

BCAA Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Dallı zincirli amino asit (BCAA) takviyesi, sporcular ve yaşlılar arasında popüler olmakla birlikte, özellikle yüksek yağlı diyetler ve obezite bağlamında bazı olumsuz sağlık etkileriyle de ilişkilendirilmiştir. Bishop ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada valin takviyesinin yüksek yağlı diyetin neden olduğu sağlık bozukluklarını kötüleştirilebileceğini, özellikle glikoz toleransını ve insülin duyarlılığını azaltabileceğini gösterilmiştir. Bu olumsuz etki, bazal iskelet kası glukoz alımını artırarak glukotoksisteye ve bozulmuş miyosit insülin sinyaline yol açan valin türevi metabolit 3-hidroksiizobütirat (3-HIB) birikiminden kaynaklanmaktadır (Bishop et al., 2022).

Ek olarak yapılan epidemiyolojik bir çalışmada sürekli olarak diyetle alınan BCAA'ların daha yüksek tip-2 diyabet (T2D) riski ile pozitif yönde ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Zazpe and

Ruiz-Canela, 2020). Diğer yandan BCAA'ların insülin direnci üzerindeki olumsuz etkilerinin çoğunlukla yüksek yağlı diyetle beslenen deneklerde veya obez bireylerde gözlemlendiği ifade edilmektedir (Yao et al., 2023).

Peynir Altı Suyu Proteini (Whey Proteini)

Genellikle kas kütle artışı için kullanılan peynir altı suyu proteininin (whey proteini) önemi, kas kütlesi artışına etkisi, en uygun alım zamanı, egzersiz sonrası iyileşme sürecine katkısı ve kas onarımını destekleme mekanizmaları aşağıda incelenmiştir.

Yapılan bazı çalışmalar peynir altı suyu proteini takviyesinin bireylerde kas onarımına ve artışına, mevcut kaslardaki hasarın azaltılmasına ve egzersiz sırasında performans artışına yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca peynir altı suyu proteini takviyesinin aerobik egzersiz performansını ve fizyolojik tepkileri iyileştirdiği, aynı zamanda yoğun ekzantrik egzersizlerin ardından kas hasarı göstergelerinin artışını azalttığı rapor edilmiştir (Huang et al., 2017; Nieman et al., 2020).

Öte yandan peynir altı suyu proteininin vücuttaki işlevi konusunda yapılan bir başka çalışmada whey proteini takviye zamanlamasının ekzantrik egzersiz sırasında kas yaralanmasını veya iyileşmesini değiştirmediği tespit edilmiştir (Kim et al., 2017). Bir başka çalışmada ise whey proteini takviyesi ile kas protein sentezinde veya iyileşme hızında anlamlı bir artış olmadığını belirlenmiştir (Davies et al., 2020).

Dozajlama teknikleri konusunda yapılan araştırmalarda egzersizden sonra değişen miktarlarda peynir altı suyu proteini vermek, kısıtlı bir diyetle dahil etmek veya sakkaritler ve elektrolitler gibi diğer besin öğeleriyle birleştirmek gibi bir dizi yaklaşım denenmiştir (Chen and Zhao, 2015; MacKenzie et al., 2015; Davies et al., 2020). Bu çalışmalardan biri olan Mackenzie ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada yüksek miktarda peynir altı suyu proteini takviyesi dozunun her zaman tokluk hissinin artmasını veya besin alımının azalmasını sağlamadığı rapor edilmiştir (MacKenzie et al., 2015).

Peynir Altı Suyu Proteininin Kas Kütlesi Artışına Etkisi

Peynir altı suyu proteini takviyesinin direnç egzersizine bağlı olarak kas kütlesinde, genel kas gücünde ve dayanıklılığında artış sağladığı saptanmıştır (Kim et al., 2023). Benzer şekilde Duarte ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da peynir altı suyu proteininin direnç antrenmanı ile birleştirildiğinde kas hacmini ve yağsız vücut kütlesini önemli ölçüde artırabileceği bildirilmiştir (Duarte et al., 2020). Bunun yanında 2019 yılında yayımlanan bir çalışmada peynir altı suyu proteininin içeriğinde yer alan yüksek lösin düzeyi nedeniyle hem kas protein sentezini en üst düzeye çıkarmak hem de egzersiz sonrası kas protein yıkımını azaltmak için en uygun kaynak olduğu tespiti yapılmıştır (Naclerio and Seijo, 2019).

Diğer yandan Messina ve arkadaşları tarafından yürütülen bir meta analiz çalışması direnç egzersizi eğitimine yanıt olarak yağsız vücut kütlesindeki kazanımlar açısından soya proteini ve peynir altı suyu proteini takviyeleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur (Messina et al., 2018). Ayrıca orta yaşlı postmenopozal obezite hastası kadınlarda diyetle indüklenen kilo kaybı sırasında peynir altı suyu proteini takviyesinin kas kütlesi üzerinde klinik olarak önemli terapötik etkiler göstermediği belirlenmiştir (Smith et al., 2018).

Peynir Altı Suyu Proteini Alımının Zamanlaması

Ekzantrik egzersizden önce, sonra veya hem önce hem de sonra peynir altı suyu proteini tüketildiğinde, kas hasarı belirteçlerinde veya iyileşme sürecinde önemli bir fark bulunmadığı

tespit edilmiştir (Kim et al., 2017). Bununla birlikte başka bir çalışmada ise 12 hafta boyunca direnç egzersizinden hemen önce ve sonra bir protein karışımı takviyesi tüketmenin kas fonksiyonunu artırmada etkili olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca aynı çalışmada alınan protein takviyesinin bileşiminin ve zamanlamasının toplam protein miktarından daha önemli olabileceği vurgulanmaktadır (Park et al., 2019).

Bunların yanı sıra Huang ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma whey proteini alımının egzersiz sırasında olması durumunda potansiyel faydalarının daha yüksek oranda görüldüğünü rapor etmiştir. Araştırmada 5 hafta boyunca whey proteini takviyesi alan ve aerobik egzersiz yapan katılımcıların bir maraton sonrasında kas hasarı düzeyinin daha düşük olduğu ve dayanıklılık performanslarının ise daha da arttığı saptanmıştır (Huang et al., 2017). Bir diğer çalışmada ise direnç egzersizi sonrasında peynir altı suyu proteini tüketiminin karbonhidrat tüketimine kıyasla sonraki enerji alımını azalttığı ve bu durumun kilo yönetimi açısından faydalı olduğu bildirilmiştir (Monteyne et al., 2018). Ayrıca yemekten önce peynir altı suyu proteini alımının insüline dirençli erkeklerde yemek sonrası glikoz dalgalanmalarını azalttığı ve bu protein takviyesinin yemek öncesi tüketiminin, yemek sırasındaki veya sonrasında tüketimine kıyasla daha iyi glisemi düşürücü etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Allerton et al., 2019).

Peynir Altı Suyu Proteini ve Egzersiz Sonrası İyileşme

Peynir altı suyu proteini tüketiminin plaseboya kıyasla egzersiz sonrası miyofibriler protein sentez oranlarını artırabildiği rapor edilmiştir (Aussieker et al., 2023). Ayrıca Brown ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ise peynir altı suyu proteini hidrolizat takviyesinin sprint egzersizinin ardından kadınlarda esnekliği ve reaktif güç indeksini (RSI) artırdığı belirlenmiştir (Brown et al., 2018).

Bunların yanı sıra Evans ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada sıcakta egzersiz sonrası peynir altı suyu proteini ve maltodekstrin takviyesi arasında kas hasarı belirteçleri veya iyileşme hızı bakımından anlamlı bir fark saptanmamıştır (Evans et al., 2018). Ek olarak 2017 yılında yayımlanan bir başka çalışmada peynir altı suyu proteini alım zamanlamasının (egzersizden önce veya sonra) eksantrik egzersiz sonrası kas hasarını veya iyileşmesini etkilemediği tespit edilmiştir (Kim et al., 2017). Gee ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise peynir altı suyu proteini takviyesinin direnç eğitimi almış erkeklerde karbonhidrata kıyasla dinamik gücün iyileşmesini artırmadığı veya ağrıyı azaltmadığı, ancak izokinetik güç iyileşmesi üzerinde düşük düzeyde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmiştir (Gee et al., 2019).

Peynir Altı Suyu Proteininin Kas Onarımını Destekleme Mekanizmaları

Peynir altı suyu proteininin çeşitli mekanizmalar aracılığıyla kas onarımını ve protein sentezini desteklemede oldukça etkili olduğu rapor edilmiştir. Peynir altı suyu proteini hızla sindirilir ve emilir, bu da plazma amino asit konsantrasyonlarında özellikle esansiyel amino asitlerde hızlı ve yoğun bir artışa neden olmaktadır (Hamarsland et al., 2017; Boirie, 2019). Bununla birlikte peynir altı suyu proteinindeki yüksek lösin içeriği özellikle önem arz etmektedir. Çünkü lösin anabolizma ve performans için vücutta anahtar bir amino asit sinyalleycisi olarak görev yapmaktadır (Ali et al., 2019; Naclerio and Seijo, 2019). Ayrıca Mitchell ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada 20 g süt proteini ile 20 g peynir altı suyu proteininin karşılaştırılması sonucunda peynir altı suyunun daha hızlı sindirim oranına rağmen orta yaşlı erkeklerde kas protein sentezinde benzer düzeyde bir aktivasyon sağladığı tespit edilmiştir (Mitchell et al., 2015).

Peynir altı suyu proteininin kas protein sentezini uyarmadaki etkinliğinin özellikle hastalık, yaralanma veya yaşlanma gibi katabolik stres dönemlerinde faydalı olduğu rapor edilmiştir. Yaşlı yetişkinler üzerinde yapılan bir çalışmada yatak istirahati sırasında peynir altı suyu proteini takviyesinin kas kaybına karşı koruma sağladığı ve güç kazanımını desteklediği gözlemlenmiştir (Arentson-Lantz, 2020). Ek olarak peynir altı suyu proteini takviyesinin özellikle direnç egzersiziyle birlikte kullanıldığında ve toplam günlük protein alımının en az 1,6 g/kg vücut ağırlığına ulaşması durumunda direnç eğitimi almış bireylerde kas kütlesi birikimini en üst düzeye çıkardığı belirlenmiştir (Devries and Phillips, 2015; Naclerio and Seijo, 2019).

Peynir Altı Suyu Proteini Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Peynir altı suyu proteini takviyesi, potansiyel faydaları nedeniyle yaygın olarak kullanılsa da, dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gereken çeşitli olumsuz sağlık etkileriyle de ilişkilendirilmiştir. Bazı çalışmalarda aşırı peynir altı suyu proteini alımının, özellikle organ fonksiyonları zayıf olan bireylerde potansiyel karaciğer ve böbrek hasarına yol açabileceği rapor edilmiştir (Vasconcelos et al., 2021; Cava et al., 2024). Özellikle hareketsiz bir yaşam tarzı ile birlikte peynir altı suyu proteini takviyelerinin kronik ve kötüye kullanımı, bu organları daha da olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir (Vasconcelos et al., 2021). Ek olarak, peynir altı suyu proteini takviyesinin akne insidansını artırabileceği ve bağırsak mikrobiyotasında negatif yönde değişikliklere neden olabileceği bildirilmiştir (Vasconcelos et al., 2021; Cava et al., 2024).

Bir diğer yandan peynir altı suyu proteini takviyesinin olumsuz etkilerinin yaş, kullanım süresi ve önceden var olan beslenme alışkanlıkları gibi bireysel koşullara ve kullanım şekillerine göre değişebilmektedir. Örneğin: Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada, peynir altı suyu proteininin vücut ağırlığı, yağ dokusu ve bağırsak parametreleri üzerindeki etkisinin, diyetin uygulanma süresine ve takviyenin uygulandığı yaşam evresine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (Boscaini et al., 2020).

Kazein

Kas onarımını destekleyen ve kas yıkımını önleyici etkisi olan kazein takviyesinin en uygun kullanım dozajı ve zamanı, gece boyunca kas onarımını destekleyen etki mekanizması, yatmadan önce kullanımının avantajları ve kas yıkımını önleyici özelliklerine dair yapılmış olan çalışmalardan elde edilen bilgiler aşağıda yer almaktadır.

Sütte bulunan ve yavaş sindirilen bir protein olan kazein hem atletik performanstan hem de egzersizden sonra toparlanma üzerindeki olası etkileri nedeniyle araştırma konusu olmuştur. Yatmadan önce kazein proteini tüketmenin akut protein metabolizması üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Bu etkinin kas iyileşmesini ve egzersiz kapasitesini artırabilme potansiyeli mevcuttur. Çünkü uyku plazma amino asitlerinin kullanılabilirliğini artırmakta ve bu da protein sentezinin artmasına ve pozitif bir protein dengesinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır (Kim, 2020).

Diğer yandan kazein protein takviyesinden optimum düzeyde yararlanabilmek için bireylerin uykudan yaklaşık 30 dakika önce günlük 40 ila 48 gram tüketmeleri önerilmektedir (Kim, 2020). Bununla birlikte en iyi sonuçları elde etmek için her sporcu için bireysel durumu ve antrenman ile yarışma programının bağlamı dikkate alınarak özelleştirilmiş stratejiler oluşturulması gerekmektedir. (Casazza et al., 2018).

Gece Boyunca Kas Onarımını Destekleyen Kazein Mekanizması

Uyku öncesi kazein takviyesi alınımının kas protein sentezini artırabileceği, protein yıkımını engelleyebileceği ve gece boyunca iyileşme sırasında pozitif bir protein dengesi sağlayabileceği bildirilmiştir (Kim, 2020; Reis et al., 2021). Bu durum kazeinin gece boyunca sürekli bir amino asit salınımı sağlayan yavaş sindirim ve emilim özelliklerine bağlanmaktadır (Kim, 2020).

Trommelen ve arkadaşlarının 2023 yılında yayımlanan çalışmasında uyku öncesi kazein alınımının uyku sırasında plazma amino asit kullanılabilirliğini artırdığı ve hem miyofibriller hem de mitokondriyal protein sentez oranlarını artırdığı gösterilmiştir (Trommelen et al., 2023). Bu gelişmiş protein sentezi yanıtı zaman içinde egzersiz performansı, kas kütlesi ve gücündeki artışa katkıda bulunmaktadır (Kim, 2020; Reis et al., 2021). Bunların yanı sıra peynir altı suyu ve kazein proteinini karşılaştırıldığında bu iki takviye arasında gece boyunca kas protein sentezini uyarma yetenekleri bakımından aralarında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu sonuç da her iki proteinin de uyku öncesi etkili seçenekler olduğunu göstermektedir (Trommelen et al., 2023). Özetle uyku öncesi alınan kazein takviyesinin gece boyunca kas onarımını ve iyileşmesini teşvik etmek amacıyla protein sentezini artırabileceği, protein dengesini iyileştirebileceği ve sporcularda fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırabileceği bildirilmiştir (Abbott et al., 2019). Bununla birlikte kas kütlesini ve performansını artırmak için belirli günlük protein alım seviyelerine ulaşmanın takviye alım zamanlamasından daha önemli olabileceği rapor edilmiştir (Joy et al., 2018).

Yatmadan Önce Kazein Alımının Avantajları ve Kas Yıkımını Önleyici Özellikleri

Uykudan 30 dakika önce tüketilen kazein takviyesi gece boyunca kas protein sentezini uyarabilmekte ve hem genç hem de yaşlı erkeklerde pozitif bir protein dengesini teşvik edebilmektedir (Kim, 2020; Reis et al., 2021). Ayrıca bu özel mekanizma vasıtasıyla kazein takviyesi kas kütlesi ve gücünü artırarak iskelet kasının direnç antrenmanına adaptif tepkisini geliştirmeye yardımcı olabilmektedir (Kim, 2020; Dela Cruz and Kahan, 2021). Abbott ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada profesyonel futbolcularda gece maçından sonra uykudan önce 40 gram kazein proteini tüketmenin karbonhidrat kontrolüne kıyasla atlama yüksekliğini, reaktif güç indeksini iyileştirerek ve kas ağrısını azaltarak fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırdığı tespit edilmiştir (Abbott et al., 2019).

Diğer yandan kazein yavaş sindirim ve emilim kinetiği ile karakterize olduğundan zaman içinde kas yıkımını önlemeye yardımcı olan sürekli bir amino asit salınımına neden olmaktadır (Gorissen et al., 2015; Kim, 2020). Bu uzun süreli amino asit mevcudiyeti özellikle gece boyunca açlık dönemlerinde protein parçalanmasını engelleyerek pozitif bir protein dengesi sağlamaya yardımcı olmaktadır (Kim, 2020). Ayrıca kazeinin yavaş sindirimi katabolik koşullar sırasında kas kütlesini korumak için özellikle faydalı olabilmektedir. İnflamatuar bir hastalık modelinin kullanıldığı bu çalışmada kazein alınımının kontrol koşullarına kıyasla katabolik koşullar altında kas protein sentezini daha fazla artırdığı belirlenmiştir (Mose et al., 2021). Son olarak süt matrisi kazein sindirimini ve emilim kinetiğini modüle edebilmektedir. Süt matrisindeki kazeinin izole kazeine kıyasla daha yavaş sindirilip emildiği ve yaşlı erkeklerde yemek sonrası kas protein sentezi oranlarını anlamlı bir düzeyde etkilemediği rapor edilmiştir (Churchward-Venne et al., 2015).

Kazein Takviyesinin Sağlık Üzerindeki Olumsuz Etkileri

Kazein takviyesi kullanımı popüler olsa da sağlık üzerinde çeşitli olumsuz sonuçları da bulunmaktadır. Öncelikle kazein takviyesi diyetlerin genel protein kalitesini düşürebilmekte ve amino asit dengesizliği veya antagonizması nedeniyle büyümeyi ve besin kullanımını olumsuz etkileyebilmektedir (Xiao et al., 2023).

Ek olarak sığırcılarda vücuttaki lizin miktarının diyet proteinine oranı 0,18'i aşması durumunda vücut ağırlığı artışının azaldığı görülmüştür. Kazein takviyesi alımıyla ortaya çıkabilen yüksek miktarda lizin, birçok amino asidin serum konsantrasyonlarını değiştirebilmekte ve potansiyel olarak besin dengesizliklerine neden olabilmektedir (Xiao et al., 2023). Bunların yanı sıra Gaudry ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada belirli bir kazein türü olan A1 β -kazeinin, A2 β -kazeine kıyasla sindirim sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabileceği rapor edilmiştir (Gaudry et al., 2019).

Sonuç olarak, kazeinin bazı potansiyel faydaları olsa da kazein takviyesi amino asit dengesizliklerine, düşük protein kalitesine ve potansiyel sindirim sorunlarına yol açabilmektedir. Ayrıca bu etkiler kazeinin türüne ve bireysel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Kazein takviyesinin alımında diğer besin takviyelerinde olduğu gibi dikkatli olunmalı ve özellikle çocuklar, hamile kadınlar ve mevcut sağlık sorunları olanlar gibi hassas popülasyonlar için kazein takviyesine başlamadan önce bir sağlık uzmanına danışılması tavsiye edilmektedir (Rautiainen et al., 2016; Holeček, 2022).

Omega 3 Yağ Asitleri

Antienflamatuar etkisiyle kas onarımına yardımcı olan ve bu yolla sporcu performansına etki eden omega 3 yağ asitlerinin en uygun kullanım dozajı ve süresi, kas onarımı ve iyileşmesine katkısı, kas hasarını önleyen antienflamatuar etkileri, egzersiz sonrası toparlanmaya katkısı ve kardiyovasküler sağlık üzerindeki genel etkilerine dair bilgiler aşağıda tartışılmıştır.

Spor performansı kapsamında omega 3 yağ asitlerinin (özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)) dayanıklılığı artırma, antienflamatuar etkiler sağlama ve kas onarımını destekleme gibi potansiyel faydaları incelenmiştir. Ayrıca kas ve sinir fonksiyonları ile kas kütlesi ve gücü üzerindeki var olan olumlu etkilerini gösteren bulgular da mevcuttur (Ochi and Tsuchiya, 2018).

Bazı çalışmalar omega 3 yağ asitlerinin özellikle yaşlı yetişkinlerde kas kütlesini, gücünü ve fiziksel işlevi iyileştirebileceğini rapor etmiştir (Smith et al., 2018; Huang et al., 2020). Bunun yanında Huang ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yayımlanmış bir meta analiz çalışmasında omega 3 takviyesinin kas kütlesi kazanımı (0,33 kg) ve zamanlanmış kalk ve git performansı (-0,30 sn) üzerinde küçük de olsa anlamlı faydalar sağladığı belirlenmiştir. Ek olarak aynı çalışmada omega 3 yağ asidi etkilerinin doza ve süreye bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmanın alt grup analizleri sonucunda günlük 2 g'ı aşan omega 3 takviyelerinin kas kütlesi kazanımına (0,67 kg) katkıda bulunabileceği ve 6 aydan uzun süren müdahalelerin yürüme hızını (1,78 m/sn) artırabileceği tespit edilmiştir (Huang et al., 2020). Bunların yanı sıra omega 3 takviyesinin faydalarının daha yüksek dozlarda ve daha uzun süreli kullanımlarda daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir. (Huang et al., 2020; Lange et al., 2021).

Omega 3'ün Kas Onarımı ve İyileşmesine Katkısı

Omega 3 yağ asitleri kas onarımı ve iyileşmesi konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Omega 3 takviyesinin kas işleyişini iyileştirebileceği, inflamasyonu azaltabileceği ve egzersiz kaynaklı kas hasarı iyileşme hızını artırabileceği bildirilmiştir. Ayrıca gerek sporcular gerekse sporcu olmayanlar için 2 hafta ila 4 ay boyunca 1,1 g ila 7 g doz aralığındaki omega 3 takviyesi alımının bu faydaları elde etmede yeterli olabileceği rapor edilmiştir (Mesta and Medithi, 2023).

Bunların yanı sıra omega 3 yağ asitleri sadece iyileşmeye yardımcı olmakla kalmayıp aynı zamanda kas kaybını önlemede de rol almaktadır. Omega 3 yağ asitlerinin kas kütlesi kaybını hafiflettiği ve kasların kullanılmadığı dönemlerde mitokondriyal solunumdaki azalmaları

önlediği belirlenmiştir (McGlory et al., 2019). Bu durum özellikle yaralı bireyler veya çeşitli koşullar nedeniyle kas atrofisi yaşayanlar için geçerlidir (Bhullar et al., 2016; McGlory et al., 2019). Kas protein sentezini artırma, kas protein yıkımını düzenleyen faktörleri azaltma ve mitokondriyal solunum kinetiğini iyileştirme özellikleri nedeniyle omega 3 yağ asitleri kas onarımı ve iyileşmesi için umut verici bir takviye olarak değerlendirilmektedir (McGlory et al., 2019).

Omega 3'ün Kas Hasarını Önleyen Antienflamatuar Etkileri

Omega 3 yağ asitlerinin çeşitli durumlarda antienflamatuar etkileri yoluyla inflamasyonu ve yaşa bağlı kas kaybını azaltarak sarkopeniyi potansiyel olarak etkileyebileceği ve bu yolla kas hasarını önlemeye yardımcı olabileceği rapor edilmiştir. Ayrıca yaşlanma ve kronik hastalıklarla ilişkili sarkopenide omega 3 yağ asitlerinin ilişkili anabolik uyarılardan veya antienflamatuar etkilerden bağımsız olarak faydalı olabileceği bildirilmiştir (Buoite Stella et al., 2018).

Bunların yanı sıra omega 3 takviyesinin hem antrenmanlı hem de antrenmansız bireylerde egzersize bağlı kas hasarını (EIMD) takiben kas hasarının dolaylı kan belirteçleri olan kreatin kinaz (CK), laktat dehidrojenaz (LDH) ve miyoglobin (Mb) konsantrasyonlarını azaltmada etkili olduğu saptanmıştır (Xin and Eshaghi, 2021). Ayrıca bir başka çalışmada ise omega 3 takviyesinin obez ve yaşlı bireylerde inflamasyon belirteçlerini azalttığı ancak insüline dirençli kişilerde ve böbrek hastalarında anlamlı bir fayda sağlamadığı belirlenmiştir (Buoite Stella et al., 2018).

Egzersiz Sonrası Toparlanmada Omega 3 Kullanımı

Balık yağında bulunan EPA ile DHA'nın dayanıklılığı artırma, kas hasarını azaltma ve egzersiz sonrası yorgunluktan kurtulma süresini kısalttığı rapor edilmiştir (Ochi and Tsuchiya, 2018; Ochi, 2019).

Yapılan bazı araştırmalar omega 3 takviyesinin egzersize bağlı kas hasarını ve gecikmiş başlangıçlı kas ağrısını (DOMS) hafifletmeye yardımcı olabileceğini göstermektedir (Rawson et al., 2018; O'Connor et al., 2022). Omega 3 yağ asitleri antienflamatuar etkileri sayesinde prostaglandinler ve lökotrien B4 (LTB 4) gibi inflammatuar araçların üretimini azaltarak bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca omega 3 yağ asitlerinin endojen antioksidan enzimlerin üretimini artırarak yoğun egzersizle ilişkili oksidatif stres ve enflamasyonun azaltılmasına katkıda bulunabileceği tespit edilmiştir (Gligor and Gligor, 2016). Bununla birlikte omega 3 yağ asitlerinin yağlı balık tüketimi yoluyla bir sporcunun diyetine dahil edilmesinin spor sonrası iyileşme kapasitesini ve genel performansını artırmak için uygun maliyetli ve faydalı bir strateji olabileceği ifade edilmiştir. (Gligor and Gligor, 2016; Olson and Aryana, 2017).

Omega 3 Yağ Asitlerinin Kardiyovasküler Sağlık Üzerindeki Genel Etkileri

Yağlı balıklarda ve takviyelerde bulunan omega 3 yağ asitleri kalp sağlığının korunmasında ve atletik performansın iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Chaddha and Eagle, 2015; Mesta and Medithi, 2023). Ayrıca 2017 yılında yayımlanan bir çalışmada omega 3 yağ asitleri tüketen bireylerde kardiyovasküler riskte önemli bir azalma olduğu bildirilmiştir (Watanabe and Tatsuno, 2017). Bu durum Eskimo popülasyonları üzerinde yapılan büyük ölçekli bir epidemiyolojik çalışma ile omega 3 yağ asidi tüketiminin kardiyovasküler riskte önemli bir düşüş sağladığı saptanmasıyla tekraren teyit edilmiştir. (Watanabe and Tatsuno, 2017). Ek olarak omega 3 yağ asitlerinin endotel fonksiyonu iyileştirdiği, vazodilatasyonu teşvik ettiği, antioksidan ve antienflamatuar etkiler gösterdiği, kan damarlarındaki plak stabilitesini artırdığı

tespit edilmiştir (Colussi et al., 2017). Ancak yapılan bir çalışmada ise omega 3 yağ asitlerinin kardiyovasküler sorunların, felçlerin, kardiyak aritmilerin veya koroner kalp hastalığından kaynaklanan ölümlerin görülme sıklığını azaltmayabileceği rapor edilmiştir (Velappan et al., 2023).

Diğer yandan yukarıdaki açıklamalarla benzerlik gösterecek bir şekilde omega 3 yağ asitleri üzerine yapılan bazı ek araştırmalar bu takviyelerin kardiyovasküler faydalar sağladığını öne sürerken, farklı bazı araştırmalar ise bu konuda anlamlı bir etkinin varlığını tespit edememiştir. Öncelikle REDUCE-IT çalışması yüksek dozda saflaştırılmış EPA'nın aterosklerotik kardiyovasküler hastalığı (ASCVD) veya birden fazla risk faktörü bulunan hastalarda kardiyovasküler komplikasyonları ve ölüm oranını azalttığını rapor etmiştir (Barry and Dixon, 2021). Buna karşılık EPA ve DHA kombinasyonunun kullanıldığı STRENGTH çalışmasında benzer bir popülasyonda anlamlı düzeyde kardiyovasküler bir fayda tespit edilememiştir (Nicholls and Nelson, 2020; Barry and Dixon, 2021). Sonuç olarak omega 3 yağ asitleri vasküler fonksiyonu iyileştirme ve kan basıncını düşürme konusunda umut vaat etse de, kardiyovasküler önlemedeki rolleri belirsizliğini korumaktadır (Colussi et al., 2017). Bu bağlamda yüksek doz EPA monoterapisinin kardiyovasküler riski azaltmada EPA ve DHA kombinasyonlarından daha etkili olabileceği belirtilmektedir. (Khan et al., 2021).

2018 Fransız Bisiklet Turu'nda 6 takımın kullanmasıyla gündem olan keton takviyelerinin en uygun kullanım dozajı ve zamanına, fizyolojik etki mekanizmalarına, bisiklet sporcularının performansı üzerindeki etkilerine, egzersiz sonrası toparlanma sürecindeki rolüne ve yan etkilerine dair yapılmış olan araştırmalardan elde edilen veriler aşağıda tartışılmıştır (Valenzuela et al., 2021).

Keton Takviyeleri

Keton takviyeleri, performansı artırma potansiyelleri nedeniyle atletik toplulukta dikkat çekmektedir. Bununla birlikte bazı araştırmalar keton takviyesinin egzersiz performansı üzerinde olumlu etkileri olduğunu bildirmiştir. Örneğin: Kackley ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada beta-hidroksibütirat tuzları, kafein ve amino asitler içeren ve egzersiz öncesi tüketilen bir takviyenin hem keto-adapte hem de keto-naif bireylerde yüksek yoğunluklu egzersiz performansını artırdığı belirlenmiştir (Kackley et al., 2020). Ek olarak keton takviyelerinin egzersiz sonrası toparlanmada rol oynayabileceği ve bir sonraki performans üzerinde potansiyel olarak kümülatif etkileri olabileceği öne sürülmektedir (Mansor and Woo, 2021).

Diğer yandan keton takviyelerinin bu olumlu etkilerin sınırlı veya yetersiz olduğu da ifade edilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda plaseboya kıyasla akut keton takviyesi alımının egzersiz performansında anlamlı bir iyileşme sağlayamadığı tespit edilmiştir (Prins et al., 2020; Valenzuela et al., 2020; Valenzuela et al., 2021). Ayrıca 13 çalışmanın incelendiği bir meta-analiz çalışmasında bu takviyelerin dayanıklılık zaman denemeleri ve yaklaşık 50 dakikaya kadar süren etkinliklerde egzersiz performansı üzerinde kayda değer bir faydası olmadığı rapor edilmiştir (Valenzuela et al., 2020). Benzer şekilde 8 çalışmanın yer aldığı bir sistematik derleme çalışmasında keton takviyesi alan grupla kontrol grubu arasında dayanıklılık performansı bakımından anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmıştır (Brooks et al., 2022).

Ek olarak keton esterleri veya tuzları gibi eksojen keton takviyeleriyle beslenme ketozuna (kan keton seviyeleri > 0.5mmol/L) ulaşabilmek için 20-70 g/gün dozajında bir tüketim yapılması önerilmektedir (Cunnane et al., 2016; Shaw et al., 2020). Bu takviyeler günler veya haftalar sürebilen ketojenik diyetlerin aksine kan keton konsantrasyonlarını dakikalar içinde hızla

artırabilmektedir (Shaw et al., 2020). Keton takviyelerinin alım zamanlamasının ise genellikle kafein veya sodyum bikarbonat gibi diğer ergojenik yardımcımlarla benzer şekilde egzersiz öncesi olması tavsiye edilmektedir (Naderi et al., 2016).

Keton Takviyelerinin Fizyolojik Etki Mekanizmaları

Eksojen ketonlar gibi keton takviyeleri metabolik durumlardan bağımsız olarak hızlı bir şekilde akut ketozise girmek için kullanılan bir seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Bunun yanında ketonların egzersiz performansı ve iyileşmedeki rolleri nedeniyle de araştırılmaya başlanmıştır (Mansor and Woo, 2021). Bu takviyeler beslenme ketozunu ($\geq 0,5$ mmol/L) indükleyebilmekle beraber çeşitli metabolik değişimlere neden olmakta ve bireyin sağlık durumunun iyileşmesini sağlayabilmektedir. Keton takviyelerinin fizyolojik etki mekanizmaları çok yönlüdür. Keton cisimleri beyin, kaslar ve kalp gibi yüksek enerji gerektiren dokular için alternatif bir enerji yakıtı görevi görmektedir (Saris and Timmers, 2022). Bununla birlikte normal koşullar altında kardiyak adenozin trifosfat (ATP) üretiminin %10-15'ine kadar katkıda bulunabilirler ve patolojik stres sırasında potansiyel olarak artabilen katkıları da mevcuttur. Ketonlar ayrıca bu dokularda stres sırasında biyoenerjetik homeostazın korunmasında da rol oynamaktadır (Karwi et al., 2020).

Bunların yanı sıra keton cisimleri metabolik substrat rollerinin ötesinde pleiotropik etkilere de sahiptir. Metabolik yollarını tamamlayan sinyal işlevleri de dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yoluyla hücrel homeostazi modüle etmektedirler (Nelson et al., 2023). Ketonlar NLRP3 inflamazomunu baskılayarak vücuttaki enflamasyonu azaltabilir ve histonların kovalent modifikasyonları yoluyla epigenetik modifikasyonları etkileyerek potansiyel olarak gen ifadesini etkileyebilirler (Ruan and Crawford, 2018; Blake et al., 2023). Ketonlar enerji tasarrufunu da artırabilir ve enerji dengesini iyileştirebilirler. Bu etki açlık sırasında enerji homeostazının korunmasına katkıda bulunmaktadır (Dearlove Faull and Clarke, 2019).

Özetle keton takviyeleri fizyolojik etkilerini alternatif yakıt kaynakları olarak hizmet etmek, hücrel homeostazi modüle etmek, inflamasyonu düzenlemek, epigenetik modifikasyonları etkilemek ve genel enerjeliği artırmak da dahil olmak üzere birçok mekanizma aracılığıyla göstermektedirler. Bu fizyolojik etkiler egzersiz performansından, metabolik ve nörodejeneratif bozukluklara kadar çeşitli durumlarda keton takviyelerinin potansiyel terapötik etkilerine katkıda bulunmaktadır (Puchalska and Crawford, 2017; Saris and Timmers, 2022).

Keton Takviyelerinin Bisiklet Sporcularının Performansı Üzerindeki Etkileri

Keton takviyelerinin bisiklet performansı üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada keton esterleriyle bikarbonatın birlikte alındığı bir dayanıklılık bisikleti etkinliğinin sonunda bu takviye alımının yüksek yoğunluklu performansı artırdığı ve 15 dakikalık bir zaman denemesi sırasında ise kontrol grubuna kıyasla takviye grubunda ortalama güç çıkışının %5 daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Poffé et al., 2021).

Öte yandan simüle edilmiş bir bisiklet yarışı sırasında keton ester alımının genel performansı iyileştirememesinin yanı sıra etkinliğin sonuna yaklaşırken vücuttaki tamponlama kapasitesini azaltabileceği tespit edilmiştir. Bunun yanında keton ester tüketimi egzersizden hemen sonra iştahı azaltabilmekte ve potansiyel olarak iyileşme sürecini de etkileyebilmektedir (Poffé et al., 2020). Benzer şekilde başka bir çalışmada ise keton ester tüketildikten sonra bisiklet egzersizi performansında plaseboya kıyasla anlamlı bir performans artışı elde edilemediği bildirilmiştir (Dearlove Faull Rolls et al., 2019). Ayrıca başka bir çalışmada egzersiz öncesi keton diesteri alımının profesyonel bisikletçilerde daha yüksek efor algısıyla ilişkili olarak zaman denemesi

performansında %2'lik bir performans düşüşüne neden olduğu bildirilmiştir (Leckey et al., 2017).

Egzersiz Sonrası Toparlanma Sürecinde Keton Takviyelerinin Etkileri

Vandoorne ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada keton ester takviyesinin kas protein sentezinin önemli bir düzenleyicisi olan mTORC1'in egzersiz sonrası aktivasyonunu artırabileceği ve bu yolla potansiyel olarak kas iyileşme süresini kısaltabileceği tespit edilmiştir (Vandoorne et al., 2017).

Bunun yanı sıra bazı çalışmalar ise keton takviyesinin eksantrik egzersizden sonra kas hasarı endeksleri veya kas performansının iyileşmesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını rapor etmiştir. Bu çalışmalarda keton monoester takviyesinin eksantrik egzersizin ardından kas kuvvetindeki azalmayı hafifletmemesinin yanı sıra maksimal izometrik istemli kasılma torkunun ve karşı hareket sıçrama yüksekliğinin artışı da sağlamadığı tespit edilmiştir (Martin-Arrowsmith et al., 2020; Jameson et al., 2022).

Ek olarak keton takviyelerinin enflamatuar belirteçler üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada keton takviyesinin monosit kemoatraktan protein-1 seviyelerini daha düşük seviyelere indirdiği görülürken, başka bir çalışmada ise plazma enflamatuar sitokin profilleri bakımından keton ve plasebo grupları arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Martin-Arrowsmith et al., 2020; Jameson et al., 2022). Ayrıca Vandoorne ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada keton takviyesinin egzersiz sonrası kas glikojen yeniden sentezini etkilemediği belirlenmiştir (Vandoorne et al., 2017).

Keton Takviyelerinin Yan Etkileri ve Güvenlik Profili

Beta-hidroksibütirat (D-BHB) tuzları ve esterleri de dahil olmak üzere keton takviyelerinin sağlıklı yetişkinlerde genellikle güvenli olduğu ve iyi tolere edildiği ifade edilmiştir. Ancak bu takviyelerin en sık karşılaşılan minimal yan etkileri olarak da hafif gastrointestinal rahatsızlık, baş ağrısı ve iştah kaybı semptomları rapor edilmiştir (Leckey et al., 2017; Pimentel-Suarez and Soto-Mota, 2023).

Uzun süreli bir güvenlik çalışmasında ise 90 güne kadar eksojen beta-hidroksibütirat takviyesinin kan değerlerinde, vücut kompozisyonunda, kemik yoğunluğunda, psikolojik iyilik halinde, bağışıklık durumunda veya kan basıncında önemli değişikliklere yol açmadığı belirlenmiştir (Stefan et al., 2020). Benzer şekilde keton tuzları üzerine yapılan 6 haftalık bir çalışmada BKI, dinlenme kalp atış hızı, idrar tahlili, lipit düzeyi ve tam kan sayımı dahil olmak üzere sağlık parametreleri üzerinde keton tuzlarının olumsuz bir etkisi tespit edilmemiştir. Aynı çalışmada keton takviyesinin sistolik kan basıncını düşürmek gibi potansiyel faydalarının da mevcut olduğu bildirilmiştir (Holland et al., 2019).

Sonuç olarak her takviyede olması gerektiği gibi bireylerin, özellikle de bazı sağlık sorunlarına sahip olanların, keton takviyelerini kullanmadan önce bir sağlık uzmanına danışması önem arz etmektedir (Evans et al., 2022; Saris and Timmers, 2022).

Tablo 1. Besin takviyeleri için önerilen kullanım dozları, süresi, zamanı ve kullanım sonrası beklenen sonuçlar

Besin Takviyesi	Önerilen Kullanım Dozajı	Önerilen Kullanım Süresi	Önerilen Kullanım Zamanı	Kullanım Sonrası Beklenen Sonuçlar
Kreatin Monohidrat	Akut doz günde 3-4 kez 20-30 gram, sonrasında kronik doz 5 g gün (Mielgo Calleja et al., 2019)	Akut doz ilk 6-7 gün uygulanmalı sonrasında kronik dozla devam edilmeli (Mielgo Calleja et al., 2019)	Egzersizden önce veya sonra alınabilir (Candow et al., 2015; Dorrell et al., 2016; Forbes et al., 2021)	Maksimum güç, güç çıkışı, sprint performansı ve yağsız kütle artışı (Wax et al., 2021) Kas enerji metabolizması ve post-aktivasyon potansiyeli (PAP) artışı (Wang et al., 2016)
Beta Alanin	4-6 g/gün (Trexler et al., 2015) 6,4 g/gün (De Andrade Kratz et al., 2017; Bassinello et al., 2019)	En az 2-4 hafta (Trexler et al., 2015) 4 hafta süresince (De Andrade Kratz et al., 2017; Bassinello et al., 2019) 6 hafta süresince (Claus et al., 2017) 6-12 hafta süresince alınmalı (Grgic, 2021)	Egzersizden 60 dakika önce alınmalı (Huerta Ojeda et al., 2019)	1 ila 4 dakika süren egzersizlerde sporcu kapasite artışı (Trexler et al., 2015) İzometrik dayanıklılık süresinde yaklaşık %17 oranında iyileşme (Bassinello et al., 2019) Tekrarlanan sprint yeteneğinde ve top hızında iyileşme (Claus et al., 2017) Simüle dövüşler ve fitness testlerinde performans artışı (De Andrade Kratz et al., 2017) Yo-Yo testi performans artışı (Grgic, 2021)
Kafein	3 mg/kg (Sainz et al., 2020; Wang et al., 2020) 3-6 mg/kg (Juliana and Rafaella-Maria, 2016; Guest et al., 2021)	-	Egzersizden 35 dakika önce alınmalı (Davenport et al., 2020) Kafein içeren kapsüller kullanıldığında egzersizden 60 dakika önce, kafeinli sakız için egzersizden 5-10 dakika önce alınması önerilmektedir (Grgic et al., 2019)	Uzun süreli aralıklı egzersiz sırasında fiziksel performans ve biliş üzerinde olumlu etkileri görülmektedir (Wang et al., 2020) Basit reaksiyon süresinde iyileşme, hedefleri vurma süresinde azalma ve birinci şahıs nişancı oyunlarında isabet oranı artışı (Sainz et al., 2020) Çeşitli spor dallarında dikkat, konsantrasyon ve bilişsel performans artışı (Guest et al., 2021)
Nitrat (Pancar Suyu)	6-12,4 mmol/gün (Lorenzo Calvo et al., 2020)	6-15 gün süresince (Lorenzo Calvo et al., 2020)	Aktiviteden 2-3 saat önce alınmalı (Lorenzo Calvo et al., 2020)	Dayanıklılık ve kas kuvvetinde artış (Kramer et al., 2016; Lorenzo Calvo et al., 2020; Delleli et al., 2023)
Dallı Zincirli Amino Asitler (BCAA)	2-10 g/gün (Arroyo-Cerezo et al., 2021; Salem et al., 2024) >200 mg/kg/gün (Fouré and Bendahan, 2017)	>10 gün (Fouré and Bendahan, 2017)	Egzersizden önce veya sonra alınabilir (Arroyo-Cerezo et al., 2021; Salem et al., 2024)	Yüksek yoğunluklu egzersizin ardından kas hasarı ve ağrı belirteçlerinde azalma (Rahimlou et al., 2019; Arroyo-Cerezo et al., 2021) Egzersizden sonraki gecikmiş başlangıçlı kas ağrısını (DOMS) hafifletme (Rahimlou et al., 2019)

Tablo 1 (Devamı). Besin takviyeleri için önerilen kullanım dozları, süresi, zamanı ve kullanım sonrası beklenen sonuçlar

Peynir Altı Suyu Proteini (Whey Proteini)	1,6 g kg/gün (Naclerio and Seijo, 2019)	5 hafta süresince (Huang et al., 2017) 12 hafta süresince (Park et al., 2019)	Egzersizden önce veya sonra alınabilir (Park et al., 2019) Egzersizden sonra alınmalı (Naclerio and Seijo, 2019)	Kas fonksiyonunda artış (Park et al., 2019) Aerobik egzersiz performansında ve fizyolojik tepkilerde iyileşme, aynı zamanda yoğun eksantrik egzersizlerin ardından kas hasarı göstergelerinin artışında azalma (Huang et al., 2017; Nieman et al., 2020)
Kazein	40-48 g/gün (Kim, 2020) 40 g/gün (Abbott et al., 2019)	-	Uykudan yaklaşık 30 dakika önce alınmalı (Kim, 2020) Uykudan önce alınmalı (Abbott et al., 2019)	Hem genç hem de yaşlı erkeklerde pozitif bir protein dengesini sağlar (Kim, 2020; Reis et al., 2021) Atlama yüksekliğini, reaktif güç indeksini iyileştirme ve kas ağrısını azaltarak fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırma (Abbott et al., 2019)
Omega 3 Yağ Asitleri	1,1-7 g/gün (Mesta and Medithi, 2023) >2 g/gün (Huang et al., 2020)	2 hafta ila 4 ay süresince (Mesta and Medithi, 2023) 6 aydan uzun bir süre (Huang et al., 2020)	-	Kas kütlesi ve gücünü artırma (Kim, 2020; Dela Cruz and Kahan, 2021) Kas işleyişini iyileştirme, inflamasyonu azaltma ve egzersiz kaynaklı kas hasarı iyileşme hızını artırma (Mesta and Medithi, 2023) Kas kütlesi kazanımı ve yürüme hızını artış (Huang et al., 2020) Endotel fonksiyonu iyileştirme, vazodilatasyonu teşvik etme, antioksidan ve antiinflamatuvar etkiler gösterme, kan damarlarındaki plak stabilitesini artırma (Colussi et al., 2017)
Keton Takviyeleri	20-70 g/gün (Cunnane et al., 2016; Shaw et al., 2020)	Kan keton konsantrasyonlarını dakikalar içinde hızla artırabilmektedir (Shaw et al., 2020)	Egzersiz öncesi alınmalı (Naderi et al., 2016)	Bikarbonatla birlikte alındığında yüksek yoğunluklu performansta artış, ortalama güç çıkışında ise %5'lik artış (Poffé et al., 2021) mTORC1'in egzersiz sonrası aktivasyonunda artma ve kas iyileşme süresinde kısalma (Vandoorne et al., 2017) NLRP3 inflamazomunun baskılanması sonucunda vücuttaki enflamasyonda düşüş (Ruan and Crawford, 2018; Blake et al., 2023)

SONUÇ

Mevcut literatür göz önüne alındığında kreatin, beta alanin, kafein, nitrat (pancar suyu), BCAA, peynir altı suyu proteini (whey proteini), kazein, omega 3 yağ asitleri ve keton takviyelerinin sporcu performansını çeşitli etki mekanizmaları aracılığıyla artırma potansiyeline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu besin takviyelerinin her biri hakkındaki bilgileri özetleyecek olursak sırasıyla;

Kreatin, özellikle kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerde atletik performansı artırma potansiyeline sahiptir. Bunun yanında kas enerjisi metabolizmasını ve post aktivasyon potansiyelini artırarak sporcuların güç ve dayanıklılık kapasitelerini geliştirebilmektedir (Hall et al., 2021; Wax et al., 2021). Ayrıca kreatin yaşlı kadınlar ve vejetaryen sporcular gibi belirli gruplarda daha belirgin faydalar sağlayabilir (Kaviani et al., 2020; Stares and Bains, 2020).

Beta alanin, kas içi karnozin seviyelerini artırarak yüksek yoğunluklu egzersizlerde performansı iyileştirebilir. Ayrıca beta alanin takviyesinin izometrik dayanıklılık ve tekrarlanan sprint performansı gibi alanlarda olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Rosas et al., 2017; Bassinello et al., 2019). Ancak beta alaninin tüm egzersiz türlerinde tutarlı faydalar sağlamadığı ve bazı çalışmalarda anlamlı etkiler göstermediği de belirtilmiştir (Jaffe et al., 2018; Smith et al., 2019).

Kafein, merkezi sinir sistemi üzerindeki uyarıcı etkileri sayesinde sporcuların odaklanma, dayanıklılık ve güç performanslarını artırabilmektedir. Kafein takviyesinin sporcular arasında farklı düzeylerde fayda sağladığı, bireysel yanıtların genetik faktörlere ve alışkanlıklara bağlı olarak değişebileceği rapor edilmiştir (Martins et al., 2020; Barreto et al., 2021). Ayrıca kafein yağ oksidasyonunu artırarak dayanıklılık performansını destekleyebilmektedir (Gutiérrez-Hellín et al., 2021).

Nitrat (Pancar Suyu) takviyesi, özellikle daha az antrenmanlı sporcularda dayanıklılığı ve kas gücünü artırabilmektedir. Bunun yanında nitratın mitokondriyal verimliliği artırarak yorgunluğu azaltma ve performansı iyileştirme potansiyeli bulunmaktadır (Lorenzo Calvo et al., 2020). Ancak nitrat takviyesinin elit sporcularda aynı ölçüde fayda sağlamayabileceği de bildirilmiştir (Porcelli et al., 2015).

BCAA'lar, kas protein sentezini uyararak ve kas hasarını azaltarak sporcuların iyileşme süreçlerini desteklemektedir. BCAA'ların özellikle direnç antrenmanları sonrasında kas ağrısını hafifletmede faydalı olabileceği belirtilmiştir. Bunların yanı sıra BCAA'ların performans artışı üzerindeki genel etkilerinin sınırlı olduğu da vurgulanmıştır (Martinho et al., 2022).

Whey proteini, kas onarımı ve protein sentezini destekleyerek sporcuların kas kütlesi ve gücünü artırabilmektedir. Whey proteininin özellikle direnç egzersizlerinde kullanıldığında kas protein sentezini en üst düzeye çıkardığı bildirilmiştir (Devries and Phillips, 2015). Ayrıca whey proteini egzersiz sonrası iyileşme süreçlerinde de faydalı olabilmektedir (Aussieker et al., 2023).

Kazein, uyku öncesi alındığında gece boyunca kas onarımını ve iyileşmesini teşvik etmek amacıyla protein sentezini artırabilir, protein dengesini iyileştirebilir ve sporcularda fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırabilir (Abbott et al., 2019; Kim, 2020). Bu durum kazeinin yavaş sindirim ve emilim özelliklerine bağlanmaktadır (Trommelen et al., 2023).

Omega 3 yağ asitleri, sporcular için gelişmiş kardiyovasküler fonksiyon, azalmış inflamasyon ve iyileşme süreçlerinde hızlanma gibi çok sayıda sağlık faydası sunmaktadır (Ochi and Tsuchiya, 2018; McGlory et al., 2019). Bununla birlikte omega 3 takviyesinin faydalarının daha yüksek dozlarda ve daha uzun süreli kullanımlarda daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir (Huang et al., 2020).

Keton takviyeleri, sporcu performansı bakımından ortalama güç çıkışında %5'lik bir artış sağlamaktadır (Poffé et al., 2021). Bunun yanında mTORC1'in egzersiz sonrası aktivasyonunu artırarak kas iyileşme süresini kısaltmaktadır (Vandoorne et al., 2017). NLRP3 inflamazomunun baskılması sonucunda ise vücuttaki enflamasyonun düşmesine yardımcı olmaktadır (Ruan and Crawford, 2018; Blake et al., 2023). Ancak her takviyede olması gerektiği gibi bireylerin, özellikle de bazı sağlık sorunlarına sahip olanların, yan etkilerden korunabilmek için keton takviyelerini kullanmadan önce bir sağlık uzmanına danışması önem arz etmektedir (Evans et al., 2022; Saris and Timmers, 2022).

Son olarak bu çalışmada sporcu performansını artırmak amacıyla kullanılan besin takviyelerinin doğru ve sağlıklı kullanımının önemi vurgulamaktadır. Sporcuların besin takviyelerini kullanmadan önce diyetleri yoluyla bu besin öğelerini temin etmeye çalışmaları ve eğer ek olarak almaları gerekiyorsa diyetisyen kontrolünde almaları önerilmektedir. Sporcuların bireysel ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş beslenme programları sporcuların performanslarını en üst düzeye çıkarmalarına yardımcı olabilir ve bu besin takviyelerden elde edilecek faydayı arzu edilen düzeye çıkarabilir.

KAYNAKLAR

Abbott, W., Brett, A., Cockburn, E., & Clifford, T. (2019). Presleep casein protein ingestion: Acceleration of functional recovery in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(3), 385-391. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0385>

Ali, A., Lee, S.-J., & Rutherford-Markwick, K. J. (2019). Sports and exercise supplements. C. D. Hilton & B. Nidhi (Eds.), *Whey Proteins* (579-635). United States: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02581-0>

Allerton, D. M., Rumbold, P. L. S., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2019). Effect of supplemental whey protein timing on postprandial glycaemia in centrally obese males. *British Journal of Nutrition*, 121(6), 637-646. <https://doi.org/10.1017/S0007114518003793>

Almeida, D., Colombini, A., & Machado, M. (2020). Creatine supplementation improves performance, but is it safe? Double-blind placebo-controlled study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(7), 102-115. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10437-7>

Amawi, A. (2024). Athletes' nutritional demands: A narrative review of nutritional requirements. *Frontiers in Nutrition*, 10(2), 37-55. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1331854>

Amawi, A. T., Moualla, D. S., Alshuwaier, G. O., Al-Nuaim, A., Bursais, A. K., Aljaloud, K. S., Al-Kasasbeh, W. J., & Nemer, L. S. S. (2023). Knowledge and attitude of dietary supplements among arab olympic athletes and coaches in preparation program for tokyo 2020 olympic games. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 11(2), 368-377. <https://doi.org/10.13189/saj.2023.110214>

Amer, S. A., AlAmri, F. A., AlRadini, F. A., Alenezi, M. A., Shah, J., Fagehy, A. A., Shajeri, G. M., Abdullah, D. M., Zaitoun, N. A., & Elsayed, M. (2023). Caffeine addiction and determinants of caffeine consumption among health care providers: A descriptive national study. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 27(8), 30-42. https://doi.org/10.26355/eurev_202304_32093

Arentson-Lantz, E. (2020). 333 practical applications of whey protein in promoting skeletal muscle maintenance, recovery, and reconditioning. *Journal of Animal Science*, 98(4), 67-68. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.123>

- Arroyo-Cerezo, A., Cerrillo, I., Ortega, Á., & Fernández-Pachón, M.-S. (2021). Intake of branched chain amino acids favors post-exercise muscle recovery and may improve muscle function: Optimal dosage regimens and consumption conditions. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(11), 142-164. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.11843-2>
- Ashtary-Larky, D., Bagheri, R., Ghanavati, M., Asbaghi, O., Wong, A., Stout, J. R., & Suzuki, K. (2022). Effects of beta-alanine supplementation on body composition: A grade-assessed systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 196-218. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2079384>
- Aussieker, T., Hilkens, L., Holwerda, A. M., Fuchs, C. J., Houben, L. H. P., Senden, J. M., Van Dijk, J.-W., Snijders, T., & Van Loon, L. J. C. (2023). Collagen protein ingestion during recovery from exercise does not increase muscle connective protein synthesis rates. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 4(3), 32-46. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003214>
- Bahrami, L. S., Arabi, S. M., Feizy, Z., & Rezvani, R. (2021). The effect of beetroot inorganic nitrate supplementation on cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-regression of randomized controlled trials. *Nitric Oxide*, 115(6), 8-22. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2021.06.002>
- Balestrino, M., Adriano, E. (2019). Beyond sports: Efficacy and safety of creatine supplementation in pathological or parapsychological conditions of brain and muscle. *Medicinal Research Reviews*, 39(6), 2427-2459. <https://doi.org/10.1002/med.21590>
- Balsalobre-Fernández, C., Romero-Moraleda, B., Cupeiro, R., Peinado, A. B., Butragueño, J., & Benito, P. J. (2018). The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PLOS ONE*, 13(7), 200-217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200517>
- Baltazar-Martins, J. G., de Souza, D. B., Aguilar, M., Grgic, J., & Del Coso, J. (2020). Infographic. The road to the ergogenic effect of caffeine on exercise performance. *British Journal of Sports Medicine*, 54(10), 618-619.
- Barreto, G., Grecco, B., Merola, P., Reis, C. E. G., Gualano, B., & Saunders, B. (2021). Novel insights on caffeine supplementation, cyp1a2 genotype, physiological responses and exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 121(3), 749-769. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04571-7>
- Barry, A. R., Dixon, D. L. (2021). Omega-3 fatty acids for the prevention of atherosclerotic cardiovascular disease. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 41(12), 1056-1065. <https://doi.org/10.1002/phar.2615>
- Bassinello, D., De Salles Painelli, V., Dolan, E., Lixandrão, M., Cajueiro, M., De Capitani, M., Saunders, B., Sale, C., Artioli, G. G., Gualano, B., & Roschel, H. (2019). Beta-alanine supplementation improves isometric, but not isotonic or isokinetic strength endurance in recreationally strength-trained young men. *Amino Acids*, 51(1), 27-37. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2593-8>
- Berends, J. E., Van Den Berg, L. M. M., Guggeis, M. A., Henckens, N. F. T., Hossein, I. J., De Joode, M. E. J. R., Zamani, H., Van Pelt, K. A. A. J., Beelen, N. A., Kuhnle, G. G., De Kok, T. M. C. M., & Van Breda, S. G. J. (2019). Consumption of nitrate-rich beetroot juice with or without vitamin c supplementation increases the excretion of urinary nitrate, nitrite, and n-nitroso compounds in humans. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), 22-47. <https://doi.org/10.3390/ijms20092277>
- Bhullar, A. S., Putman, C. T., & Mazurak, V. C. (2016). Potential role of omega-3 fatty acids on the myogenic program of satellite cells. *Nutrition and Metabolic Insights*, 9(4), 27-48. <https://doi.org/10.4137/NMI.S27481>
- Bishop, C. A., Machate, T., Henning, T., Henkel, J., Püschel, G., Weber, D., Grune, T., Klaus, S., & Weitkunat, K. (2022). Detrimental effects of branched-chain amino acids in glucose tolerance can be attributed to valine induced glucotoxicity in skeletal muscle. *Nutrition & Diabetes*, 12(1), 20-37.
- Blake, M., Puchalska, P., Kazmirczak, F., Thenappan, T., Crawford, P. A., & Prins, K. W. (2023). Ketone bodies in right ventricular failure: A unique therapeutic opportunity. *Heliyon* 9(11), 320-330. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22227>

- Blancquaert, L., Everaert, I., & Derave, W. (2015). Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 18(1), 63-70. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000127>
- Blekkenhorst, L. C., Bondonno, N. P., Liu, A. H., Ward, N. C., Prince, R. L., Lewis, J. R., Devine, A., Croft, K. D., Hodgson, J. M., & Bondonno, C. P. (2018). Nitrate, the oral microbiome, and cardiovascular health: A systematic literature review of human and animal studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(4), 504-522. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqx046>
- Boirie, Y. (2019). Whey protein and muscle protection. W. Stéphane (Ed.), *Nutrition and Skeletal Muscle* (271-281). United States: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00256-5>
- Bondonno, C. P., Blekkenhorst, L. C., Liu, A. H., Bondonno, N. P., Ward, N. C., Croft, K. D., & Hodgson, J. M. (2018). Vegetable-derived bioactive nitrate and cardiovascular health. *Molecular Aspects of Medicine*, 61(4), 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2017.08.001>
- Bondonno, C. P., Croft, K. D., & Hodgson, J. M. (2016). Dietary nitrate, nitric oxide, and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12), 2036-2052. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.811212>
- Bonilla, D. A., Moreno, Y., Rawson, E. S., Forero, D. A., Stout, J. R., Kerksick, C. M., Roberts, M. D., & Kreider, R. B. (2021). A convergent functional genomics analysis to identify biological regulators mediating effects of creatine supplementation. *Nutrients*, 13(8), 25-41. <https://doi.org/10.3390/nu13082521>
- Boscaini, S., Cabrera-Rubio, R., Nychyk, O., Speakman, J. R., Cryan, J. F., Cotter, P. D., & Nilaweera, K. N. (2020). Age- and duration-dependent effects of whey protein on high-fat diet-induced changes in body weight, lipid metabolism, and gut microbiota in mice. *Physiological Reports*, 8(5), 145-163.
- Bougrine, H., Salem, A., Ammar, A., & Souissi, N. (2023). Caffeine and team ball performances: A mini-review. *Tunisian Journal of Sports Science and Medicine*, 1(1), 57-63.
- Brestenský, M., Nitrayová, S., Patras, P., Heger, J., & Nitray, J. (2015). Branched chain amino acids and their importance in nutrition. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 5(2), 197-209.
- Brooks, E., Lamothe, G., Nagpal, T. S., Imbeault, P., Adamo, K., Kara, J., & Doucet, É. (2022). Acute ingestion of ketone monoesters and precursors do not enhance endurance exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32(3), 214-225. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2021-0280>
- Brown, M. A., Stevenson, E. J., & Howatson, G. (2018). Whey protein hydrolysate supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(4), 324-330. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0412>
- Buoite Stella, A., Gortan Cappellari, G., Barazzoni, R., & Zanetti, M. (2018). Update on the impact of omega 3 fatty acids on inflammation, insulin resistance and sarcopenia: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 218-233. <https://doi.org/10.3390/ijms19010218>
- Burke, L. M., Castell, L. M., Casa, D. J., Close, G. L., Costa, R. J. S., Desbrow, B., Halson, S. L., Lis, D. M., Melin, A., Peeling, P., Saunders, P. U., Slater, G., Sygo, J., Witard, O. C., Bermon, S., & Stellingwerff, T. (2019). International association of athletics federations consensus statement 2019: Nutrition for athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 73-84. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0065>
- Candow, D. G., Forbes, S. C., Ostojic, S. M., Prokopidis, K., Stock, M. S., Harmon, K. K., & Faulkner, P. (2023). "Heads up" for creatine supplementation and its potential applications for brain health and function. *Sports Medicine*, 53(1), 49-65. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01870-9>
- Candow, D. G., Vogt, E., Johannsmeyer, S., Forbes, S. C., & Farthing, J. P. (2015). Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(7), 689-694.

- Carriker, C. R., Mermier, C. M., VanDusseldorp, T. A., Johnson, K. E., Beltz, N. M., Vaughan, R. A., McCormick, J. J., Cole, N. H., Witt, C. C., & Gibson, A. L. (2016). Effect of acute dietary nitrate consumption on oxygen consumption during submaximal exercise in hypobaric hypoxia. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(4), 315-322. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2015-0144>
- Casazza, G. A., Tovar, A. P., Richardson, C. E., Cortez, A. N., & Davis, B. A. (2018). Energy availability, macronutrient intake, and nutritional supplementation for improving exercise performance in endurance athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 17(6), 215-223.
- Cava, E., Padua, E., Campaci, D., Bernardi, M., Muthanna, F. M., Caprio, M., & Lombardo, M. (2024). Investigating the health implications of whey protein consumption: A narrative review of risks, adverse effects, and associated health issues. *Healthcare*, 12(2), 246-268.
- Cesak, O., Vostalova, J., Vidlar, A., Bastlova, P., & Student, V. (2023). Carnosine and beta-alanine supplementation in human medicine: Narrative review and critical assessment. *Nutrients*, 15(7), 17-34. <https://doi.org/10.3390/nu15071770>
- Ceylan, H. İ. (2023). Nutritional strategies for peak performance: Guidelines for athletes' optimal fueling and recovery. *Health Nexus*, 1(4), 90-98. <https://doi.org/10.61838/kman.hn.1.4.11>
- Chaddha, A., Eagle, K. A. (2015). Omega-3 fatty acids and heart health. *Circulation*, 132(22), 166-182. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.015176>
- Chen, W., Zhao, L. (2015). Influence of whey protein drinks to athletes: Taking track and field athletes as research objects. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9(5), 950-954. <https://doi.org/10.19026/ajfst.9.1780>
- Cheng Ishiung, C. I., Wang YiWen, W. Y., Chen Ifan, C. I., Hsu GiSheng, H. G., Hsueh ChunFang, H. C., & Chang ChenKang, C. C. (2016). The supplementation of branched-chain amino acids, arginine, and citrulline improves endurance exercise performance in two consecutive days. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(3), 509-515. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20163275947>
- Chia, J. S., Barrett, L. A., Chow, J. Y., & Burns, S. F. (2017). Effects of caffeine supplementation on performance in ball games. *Sports Medicine*, 47(12), 2453-2471. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0763-6>
- Christensen, P. M., Petersen, N. K., Friis, S. N., Weitzberg, E., & Nybo, L. (2017). Effects of nitrate supplementation in trained and untrained muscle are modest with initial high plasma nitrite levels. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 1616-1626. <https://doi.org/10.1111/sms.12848>
- Churchward-Venne, T. A., Snijders, T., Linkens, A. M., Hamer, H. M., Van Kranenburg, J., & Van Loon, L. J. (2015). Ingestion of casein in a milk matrix modulates dietary protein digestion and absorption kinetics but does not modulate postprandial muscle protein synthesis in older men. *The Journal of Nutrition*, 145(7), 1438-1445. <https://doi.org/10.3945/jn.115.213710>
- Claus, G. M., Redkva, P. E., Brisola, G. M. P., Malta, E. S., De Araujo Bonetti De Poli, R., Miyagi, W. E., & Zagatto, A. M. (2017). Beta-alanine supplementation improves throwing velocities in repeated sprint ability and 200-m swimming performance in young water polo players. *Pediatric Exercise Science*, 29(2), 203-212. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0176>
- Colussi, G., Catena, C., Novello, M., Bertin, N., & Sechi, L. A. (2017). Impact of omega-3 polyunsaturated fatty acids on vascular function and blood pressure: Relevance for cardiovascular outcomes. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 27(3), 191-200. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.07.011>
- Crossland, H., Smith, K., Idris, I., Phillips, B. E., Atherton, P. J., & Wilkinson, D. J. (2020). Exploring mechanistic links between extracellular branched-chain amino acids and muscle insulin resistance: An in vitro approach. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 319(6), 1151-1157. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00377.2020>
- Cunnane, S. C., Castellano, C.-A., Pierotti, T., Fortier, M., St-Pierre, V., Vandenberghe, C., Croteau, E., & Courchesne-Loyer, A. (2016). Can ketones compensate for deteriorating brain glucose uptake during aging? Implications for the risk and treatment of alzheimer's disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1367(1), 12-20. <https://doi.org/10.1111/nyas.12999>

- D. Tambalis, K., Arnaoutis, G. (2022). The importance of branched-chain amino acids and nitrate in sports performance and health. *Journal of Physical Activity Research*, 7(1), 37-46. <https://doi.org/10.12691/jpar-7-1-6>
- Davenport, A. D., Jameson, T. S., Kilroe, S. P., Monteyne, A. J., Pavis, G. F., Wall, B. T., Dirks, M. L., Alamdari, N., Mikus, C. R., & Stephens, F. B. (2020). A randomised, placebo-controlled, crossover study investigating the optimal timing of a caffeine-containing supplement for exercise performance. *Sports Medicine Open*, 6(2), 1-12.
- Davies, R. W., Bass, J. J., Carson, B. P., Norton, C., Koziar, M., Wilkinson, D. J., Brook, M. S., Atherton, P. J., Smith, K., & Jakeman, P. M. (2020). The effect of whey protein supplementation on myofibrillar protein synthesis and performance recovery in resistance-trained men. *Nutrients*, 12(3), 845-857.
- De Andrade Kratz, C., De Salles Painelli, V., De Andrade Nemezio, K. M., Da Silva, R. P., Franchini, E., Zagatto, A. M., Gualano, B., & Artioli, G. G. (2017). Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 403-408. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.014>
- De Souza E Silva, A., Pertille, A., Reis Barbosa, C. G., Aparecida De Oliveira Silva, J., De Jesus, D. V., Ribeiro, A. G. S. V., Baganha, R. J., & De Oliveira, J. J. (2019). Effects of creatine supplementation on renal function: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Renal Nutrition*, 29(6), 480-489. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2019.05.004>
- Dearlove, D. J., Faull, O. K., & Clarke, K. (2019). Context is key: Exogenous ketosis and athletic performance. *Current Opinion in Physiology*, 10(7), 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.010>
- Dearlove, D. J., Faull, O. K., Rolls, E., Clarke, K., & Cox, P. J. (2019). Nutritional ketoacidosis during incremental exercise in healthy athletes. *Frontiers in Physiology*, 10(5), 290-305.
- Dela Cruz, J., Kahan, D. (2021). Pre-sleep casein supplementation, metabolism, and appetite: A systematic review. *Nutrients*, 13(6), 18-32. <https://doi.org/10.3390/nu13061872>
- Delleli, S., Ouergui, I., Messaoudi, H., Trabelsi, K., Glenn, J. M., Ammar, A., & Chtourou, H. (2023). Does beetroot supplementation improve performance in combat sports athletes? A systematic review of randomized controlled trials. *Nutrients*, 15(2), 398-412.
- Devries, M. C., Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: Advantage whey. *Journal of Food Science*, 80(1), 121-140. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12802>
- Diaz-Lara, J., Grgic, J., Detanico, D., Botella, J., Jiménez, S. L., & Del Coso, J. (2023). Effects of acute caffeine intake on combat sports performance: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(29), 59-74. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2068499>
- Dimou, A., Tsimihodimos, V., & Bairaktari, E. (2022). The critical role of the branched chain amino acids (bcaas) catabolism-regulating enzymes, branched-chain aminotransferase (bcac) and branched-chain α -keto acid dehydrogenase (bcad), in human pathophysiology. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7), 40-52. <https://doi.org/10.3390/ijms23074022>
- Domínguez, R., Cuenca, E., Maté-Muñoz, J., García-Fernández, P., Serra-Paya, N., Estevan, M., Herreros, P., & Garnacho-Castaño, M. (2017). Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*, 9(1), 43-56. <https://doi.org/10.3390/nu9010043>
- Dorrell, H. F., Gee, T., & Middleton, G. (2016). An update on effects of creatine supplementation on performance: A review. *Sports Nutrition and Therapy*, 1(1), 107-125.
- Duarte, N. M., Cruz, A. L., Silva, D. C., & Cruz, G. M. (2020). Intake of whey isolate supplement and muscle mass gains in young healthy adults when combined with resistance training: A blinded randomized clinical trial (pilot study). *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(1), 76-89. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09741-X>
- Durkalec-Michalski, K., Kusy, K., Ciekot-Sołtysiak, M., & Zieliński, J. (2019). The effect of beta-alanine versus alkaline agent supplementation combined with branched-chain amino acids and creatine malate in highly-trained

sprinters and endurance athletes: A randomized double-blind crossover study. *Nutrients*, 11(9), 49-61. <https://doi.org/10.3390/nu11091961>

Evans, G. H., Mattin, L., Ireland, I., Harrison, W., Yau, A. M. W., McIver, V., Pocock, T., Sheader, E., & James, L. J. (2018). Bolus ingestion of whey protein immediately post-exercise does not influence rehydration compared to energy-matched carbohydrate ingestion. *Nutrients*, 10(6), 769-782. <https://doi.org/10.3390/nu10060769>

Evans, M., McClure, T. S., Koutnik, A. P., & Egan, B. (2022). Exogenous ketone supplements in athletic contexts: Past, present, and future. *Sports Medicine*, 52(1), 25-67. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01756-2>

Farshidfar, F., Pinder, M. A., & Myrie, S. B. (2017). Creatine supplementation and skeletal muscle metabolism for building muscle mass- review of the potential mechanisms of action. *Current Protein & Peptide Science*, 18(12), 180-197. <https://doi.org/10.2174/1389203718666170606105108>

Fernández-Eliás, V., Courel-Ibáñez, J., Pérez-López, A., Jodra, P., Moreno-Pérez, V., Coso, J. D., & López-Samanes, Á. (2022). Acute beetroot juice supplementation does not improve match-play activity in professional tennis players. *Journal of the American Nutrition Association*, 41(1), 30-37. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1835585>

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. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 220-231. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2204071>

Forbes, S. C., Krentz, J. R., & Candow, D. G. (2021). Timing of creatine supplementation does not influence gains in unilateral muscle hypertrophy or strength from resistance training in young adults: A within-subject design. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(9), 1219-1225.

Forbes, S. P. A., Spriet, L. L. (2022). Potential effect of beetroot juice supplementation on exercise economy in well-trained females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 47(1), 106-109. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0563>

Fouré, A., Bendahan, D. (2017). Is branched-chain amino acids supplementation an efficient nutritional strategy to alleviate skeletal muscle damage? A systematic review. *Nutrients*, 9(10), 1047-1063.

Freitas, M. C., Cholewa, J., Panissa, V., Quizzini, G., De Oliveira, J. V., Figueiredo, C., Gobbo, L. A., Caperuto, E., Zanchi, N. E., Lira, F., & Rossi, F. E. (2019). Short-time β -alanine supplementation on the acute strength performance after high-intensity intermittent exercise in recreationally trained men. *Sports*, 7(5), 108-124. <https://doi.org/10.3390/sports7050108>

Gao, C., Gupta, S., Adli, T., Hou, W., Coolsaet, R., Hayes, A., Kim, K., Pandey, A., Gordon, J., Chahil, G., Belley-Cote, E. P., & Whitlock, R. P. (2021). The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 55-68. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00450-4>

Gaudry, D., Lohner, S., Schmucker, C., Kapp, P., Motschall, E., Hörrlein, S., Röger, C., & Meerpohl, J. J. (2019). Milk a1 β -casein and health-related outcomes in humans: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 77(5), 278-306.

Gee, T. I., Woolrich, T. J., & Smith, M. F. (2019). Effectiveness of whey protein hydrolysate and milk-based formulated drinks on recovery of strength and power following acute resistance exercise. *Journal of Human Kinetics*, 68(1), 193-202. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0066>

Gligor, Ş., Gligor, R. (2016). The potential role of omega-3 fatty acids supplements in increasing athletic performance. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 9(16), 25-34. <https://doi.org/10.1515/tperj-2016-0004>

Gorissen, S. H. M., Phillips, S. M. (2019). Branched-chain amino acids (leucine, isoleucine, and valine) and skeletal muscle. W. Stéphane (Ed.), *Nutrition and Skeletal Muscle* (283-298). United States: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00256-5>

- Gorissen, S. H. M., Rémond, D., & Van Loon, L. J. C. (2015). The muscle protein synthetic response to food ingestion. *Meat Science*, 109(3), 96-100. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.009>
- Grgic, J. (2021). Effects of beta-alanine supplementation on yo-yo test performance: A meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, 43(7), 158-162.
- Grgic, J., Sabol, F., Venier, S., Tallis, J., Schoenfeld, B. J., Del Coso, J., & Mikulic, P. (2019). Caffeine supplementation for powerlifting competitions: An evidence-based approach. *Journal of Human Kinetics*, 68(2), 37-48.
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: Caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Aguilar-Navarro, M., Muñoz, A., Varillas-Delgado, D., Amaro-Gahete, F. J., Roberts, J. D., & Del Coso, J. (2021). Placebo effect of caffeine on substrate oxidation during exercise. *Nutrients*, 13(3), 782-798. <https://doi.org/10.3390/nu13030782>
- Hall, M., Manetta, E., & Tupper, K. (2021). Creatine supplementation: An update. *Current Sports Medicine Reports*, 20(7), 338-344. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000863>
- Hamarsland, H., Laahne, J. A. L., Paulsen, G., Cotter, M., Børsheim, E., & Raastad, T. (2017). Native whey induces higher and faster leucinemia than other whey protein supplements and milk: A randomized controlled trial. *BMC Nutrition*, 3(1), 10-24. <https://doi.org/10.1186/s40795-017-0131-9>
- Holeček, M. (2020). Influence of histidine administration on ammonia and amino acid metabolism: A review. *Physiological Research*, 10(3), 555-564. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934449>
- Holeček, M. (2022). Side effects of amino acid supplements. *Physiological Research*, 5(3), 29-45. <https://doi.org/10.33549/physiolres.934790>
- Holeček, M., Vodeničarovová, M. (2018). Effects of branched-chain amino acids on muscles under hyperammonemic conditions. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 74(4), 523-530. <https://doi.org/10.1007/s13105-018-0646-9>
- Holland, A. M., Qazi, A. S., Beasley, K. N., & Bennett, H. R. (2019). Blood and cardiovascular health parameters after supplementing with ketone salts for six weeks. *Journal of Metabolic Health*, 4(1), 73-85. <https://doi.org/10.4102/jir.v4i1.47>
- Huang, W.-C., Chang, Y.-C., Chen, Y.-M., Hsu, Y.-J., Huang, C.-C., Kan, N.-W., & Chen, S.-S. (2017). Whey protein improves marathon-induced injury and exercise performance in elite track runners. *International Journal of Medical Sciences*, 14(7), 648-663.
- Huang, X., Zhang, Z., Wang, X., Wang, G., Wang, Y., Tang, K., & Gao, B. (2023). Influence of chronic nitrate-rich beetroot juice supplementation on the endurance performance of active winter triathletes: A randomized controlled trial. *Journal of the American Nutrition Association*, 42(2), 195-206. <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.2021562>
- Huang, Y.-H., Chiu, W.-C., Hsu, Y.-P., Lo, Y.-L., & Wang, Y.-H. (2020). Effects of omega-3 fatty acids on muscle mass, muscle strength and muscle performance among the elderly: A meta-analysis. *Nutrients*, 12(12), 37-49. <https://doi.org/10.3390/nu12123739>
- Huerta Ojeda, Á., Contreras-Montilla, O., Galdames-Maliqueo, S., Jorquera-Aguilera, C., Fuentes-Kloss, R., & Guisado-Barrilao, R. (2019). Effects of acute supplementation with beta-alanine on a limited time test at maximum aerobic speed on endurance athletes. *Nutricion Hospitalaria*, 36(3), 698-705.
- Jackson, J. K., Patterson, A. J., MacDonald-Wicks, L. K., Oldmeadow, C., & McEvoy, M. A. (2018). The role of inorganic nitrate and nitrite in cardiovascular disease risk factors: A systematic review and meta-analysis of human evidence. *Nutrition Reviews*, 76(5), 348-371. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy005>

- Jaffe, D., Hewit, J., Cholewa, J., Bedard, A., Matthews, T., Thompson, B., & Headley, S. (2018). Influence of sustained beta-alanine supplementation on body composition and physical performance in college-aged males seeking military commission. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.13189/saj.2018.060101>
- Jagim, A. R., Stecker, R. A., Harty, P. S., Erickson, J. L., & Kerksick, C. M. (2018). Safety of creatine supplementation in active adolescents and youth: A brief review. *Frontiers in Nutrition*, 5(4), 115-132. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00115>
- Jameson, T. S. O., Islam, H., Wall, B. T., Little, J. P., & Stephens, F. B. (2022). Oral ketone monoester supplementation does not accelerate recovery of muscle force or modulate circulating cytokine concentrations after muscle-damaging eccentric exercise in healthy males and females. *Experimental Physiology*, 107(11), 1339-1348. <https://doi.org/10.1113/EP090546>
- Joy, J. M., Vogel, R. M., Shane Broughton, K., Kudla, U., Kerr, N. Y., Davison, J. M., Wildman, R. E. C., & DiMarco, N. M. (2018). Daytime and nighttime casein supplements similarly increase muscle size and strength in response to resistance training earlier in the day: A preliminary investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 24-38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0228-9>
- Juliana, M., Rafaella-Maria, S. (2016). Does caffeine enhance athletic performance? *Arab Journal of Nutrition and Exercise (AJNE)*, 6(2), 52-62.
- Jung, M. K., Okekunle, A. P., Lee, J. E., Sung, M. K., & Lim, Y. J. (2021). Role of branched-chain amino acid metabolism in tumor development and progression. *Journal of Cancer Prevention*, 26(4), 237-243. <https://doi.org/10.15430/JCP.2021.26.4.237>
- Kackley, M. L., Short, J. A., Hyde, P. N., LaFountain, R. A., Buga, A., Miller, V. J., Dickerson, R. M., Sapper, T. N., Barnhart, E. C., Krishnan, D., McElroy, C. A., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., & Volek, J. S. (2020). A pre-workout supplement of ketone salts, caffeine, and amino acids improves high-intensity exercise performance in keto-naïve and keto-adapted individuals. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(4), 290-300. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1752846>
- Karlic, H., Krammer, U., & Haslberger, A. (2022). Nutritional supplements for athletes and personalization; a short review. *Functional Food Science*, 2(10), 224-235. <https://doi.org/10.31989/ffs.v2i10.993>
- Karwi, Q. G., Biswas, D., Pulinilkunnil, T., & Lopaschuk, G. D. (2020). Myocardial ketones metabolism in heart failure. *Journal of Cardiac Failure*, 26(11), 998-1005. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2020.04.005>
- Kaufman, M. W., Roche, M., & Fredericson, M. (2022). The impact of supplements on sports performance for the trained athlete: A critical analysis. *Current Sports Medicine Reports*, 21(7), 232-238. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000972>
- Kaviani, M., Shaw, K., & Chilibeck, P. D. (2020). Benefits of creatine supplementation for vegetarians compared to omnivorous athletes: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 30-41.
- Khan, S. U., Lone, A. N., Khan, M. S., Virani, S. S., Blumenthal, R. S., Nasir, K., Miller, M., Michos, E. D., Ballantyne, C. M., Boden, W. E., & Bhatt, D. L. (2021). Effect of omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine*, 38(4), 100-117. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100997>
- Khazaradze, K., Japaridze, N., & Revishvili, A. Z. A. (2023). Nutritional supplements and their influence on the health of athletes. *Experimental & Clinical Medicine Georgia*, 7(3), 54-69. <https://doi.org/10.52340/jecm.2023.01.23>
- Khemtong, C., Kuo, C.-H., Chen, C.-Y., Jaime, S. J., & Condello, G. (2021). Does branched-chain amino acids (bcaas) supplementation attenuate muscle damage markers and soreness after resistance exercise in trained males? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*, 13(6), 18-30. <https://doi.org/10.3390/nu13061880>

- Khemtong, C., Tessitore, A., Jaime, S. J., Gobbi, G., Jensen, J., Yang, A.-L., Kuo, C.-H., & Condello, G. (2022). Branched-chain amino acids supplementation does not accelerate recovery after a change of direction sprinting exercise protocol. *Nutrients*, *14*(2), 43-51. <https://doi.org/10.3390/nu14204331>
- Kim, C.-B., Park, J.-H., Park, H.-S., Kim, H.-J., & Park, J.-J. (2023). Effects of whey protein supplement on 4-week resistance exercise-induced improvements in muscle mass and isokinetic muscular function under dietary control. *Nutrients*, *15*(4), 10-24. <https://doi.org/10.3390/nu15041003>
- Kim, J. (2020). Pre-sleep casein protein ingestion: New paradigm in post-exercise recovery nutrition. *Physical Activity and Nutrition*, *24*(2), 6-21.
- Kim, J., Lee, C., & Lee, J. (2017). Effect of timing of whey protein supplement on muscle damage markers after eccentric exercise. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *13*(4), 43-56.
- Kim, J.-Y. (2019). Nutritional supplement for athletic performance: Based on Australian Institute of Sport sports supplement framework. *Exercise Science*, *28*(3), 211-220. <https://doi.org/10.15857/ksep.2019.28.3.211>
- Kitzenberg, D., Colgan, S. P., & Glover, L. E. (2016). Creatine kinase in ischemic and inflammatory disorders. *Clinical and Translational Medicine*, *5*(1), 31-45. <https://doi.org/10.1186/s40169-016-0114-5>
- Kramer, S. J., Baur, D. A., Spicer, M. T., Vukovich, M. D., & Ormsbee, M. J. (2016). The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained crossfit athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(1), 1-7.
- 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. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*(1), 18-32. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Kurmavev, D. P., Bulgakova, S. V., Treneva, E. V., Chetverikova, I. S., Kosareva, O. V., Sharonova, L. A., & Dolgikh, Y. A. (2023). Possibilities of using branched-chain amino acids for the treatment and prevention of sarcopenia in elderly and old patients (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*, *8*(3), 106-114. <https://doi.org/10.29413/ABS.2023-8.3.11>
- Lange, K., Nakamura, Y., Zhao, H., Bai, D., & Wang, H. (2021). Are omega-3 fatty acids efficacious in the treatment of depression? A review. *Journal of Food Bioactives*, *14*(3), 82-97. <https://doi.org/10.31665/JFB.2021.14265>
- Lazić, A., Kocić, M., Trajković, N., Popa, C., Peyré-Tartaruga, L. A., & Padulo, J. (2022). Acute effects of caffeine on overall performance in basketball players—a systematic review. *Nutrients*, *14*(9), 19-30. <https://doi.org/10.3390/nu14091930>
- Leckey, J. J., Ross, M. L., Quod, M., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2017). Ketone diester ingestion impairs time-trial performance in professional cyclists. *Frontiers in Physiology*, *8*(5), 806-822. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00806>
- Li, G., Li, Z., & Liu, J. (2024). Amino acids regulating skeletal muscle metabolism: Mechanisms of action, physical training dosage recommendations and adverse effects. *Nutrition & Metabolism*, *21*(1), 41-62. <https://doi.org/10.1186/s12986-024-00820-0>
- Lima-Silva, A. E., Cristina-Souza, G., Silva-Cavalcante, M. D., Bertuzzi, R., & Bishop, D. J. (2021). Caffeine during high-intensity whole-body exercise: An integrative approach beyond the central nervous system. *Nutrients*, *13*(8), 25-33. <https://doi.org/10.3390/nu13082503>
- Looby, A., Zimmerman, L., & Livingston, N. R. (2022). Expectation for stimulant type modifies caffeine's effects on mood and cognition among college students. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *30*(5), 525-535. <https://doi.org/10.1037/pha0000448>

- López, Á., Gómez, A., Moreno, V., & Courel-Ibáñez, J. (2020). Does acute beetroot juice supplementation improve neuromuscular performance and match activity in young basketball players? A randomized, placebo-controlled study. *Nutrients*, *12*(1), 188-197. <https://doi.org/10.3390/nu12010188>
- López, L., Sánchez, A., Mata, F., Jodra, P., Antonio, J., & Domínguez, R. (2018). Acute caffeine supplementation in combat sports: A systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 60-78. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0267-2>
- Lorenzo Calvo, J., Alorda-Capo, F., Pareja-Galeano, H., & Jiménez, S. L. (2020). Influence of nitrate supplementation on endurance cyclic sports performance: A systematic review. *Nutrients*, *12*(6), 17-36.
- Lysenko, E. A., Vepkhvadze, T. F., Lednev, E. M., Vinogradova, O. L., & Popov, D. V. (2018). Branched-chain amino acids administration suppresses endurance exercise-related activation of ubiquitin proteasome signaling in trained human skeletal muscle. *The Journal of Physiological Sciences*, *68*(1), 43-53. <https://doi.org/10.1007/s12576-016-0506-8>
- MacKenzie, K., Byrne, N., Slater, G., & King, N. (2015). The effect of a whey protein supplement dose on satiety and food intake in resistance training athletes. *Appetite*, *92*(8), 178-184.
- Macuh, M., Knap, B. (2021). Effects of nitrate supplementation on exercise performance in humans: A narrative review. *Nutrients*, *13*(9), 31-43. <https://doi.org/10.3390/nu13093183>
- Manoli, I., Venditti, C. P. (2016). Disorders of branched chain amino acid metabolism. *Translational Science of Rare Diseases*, *1*(2), 91-110. <https://doi.org/10.3233/TRD-160009>
- Mansor, L. S., Woo, G. H. (2021). Ketones for post-exercise recovery: Potential applications and mechanisms. *Frontiers in Physiology*, *11*(5), 613-648. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.613648>
- Martin-Arrowsmith, P. W., Lov, J., Dai, J., Morais, J. A., & Churchward-Venne, T. A. (2020). Ketone monoester supplementation does not expedite the recovery of indices of muscle damage after eccentric exercise. *Frontiers in Nutrition*, *7*(3), 607-619. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.607299>
- Martinho, D., Nobari, H., Faria, A., Field, A., Duarte, D., & Sarmento, H. (2022). Oral branched-chain amino acids supplementation in athletes: A systematic review. *Nutrients*, *14*(19), 40-52. <https://doi.org/10.3390/nu14194002>
- Martins, G. L., Guilherme, J. P. L. F., Ferreira, L. H. B., De Souza-Junior, T. P., & Lancha, A. H. (2020). Caffeine and exercise performance: Possible directions for definitive findings. *Frontiers in Sports and Active Living*, *2*(1), 5-17. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.574854>
- Masodsai, K., Sahaschot, T., & Chaunchaiyakul, R. (2022). Cardiorespiratory, metabolic, and performance changes from the effects of creatine and caffeine supplementations in glucose—electrolyte-based sports drinks: A double-blind, placebo-controlled study. *Sports*, *11*(1), 4-23. <https://doi.org/10.3390/sports11010004>
- McGlory, C., Calder, P. C., & Nunes, E. A. (2019). The influence of omega-3 fatty acids on skeletal muscle protein turnover in health, disuse, and disease. *Frontiers in Nutrition*, *6*(4), 144-156. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00144>
- Messina, M., Lynch, H., Dickinson, J. M., & Reed, K. E. (2018). No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(6), 674-685. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0071>
- Mesta, K., Medithi, S. (2023). Effect of omega-3 fatty acid supplementation on the delayed-onset muscle soreness (doms) and inflammatory response among athletes and non-athletes. *Current Nutrition & Food Science*, *19*(8), 796-805. <https://doi.org/10.2174/1573401318666220413090030>
- Mielgo, J., Calleja, J., Marqués, D., Caballero-García, A., Córdova, A., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Effects of creatine supplementation on athletic performance in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, *11*(4), 757-769.

- Mielgo, J., Marques, D., Refoyo, I., Del Coso, J., León-Guereño, P., & Calleja-González, J. (2019). Effect of caffeine supplementation on sports performance based on differences between sexes: A systematic review. *Nutrients*, *11*(10), 23-45.
- Min, H., Youn, E., Kim, J., Son, S. Y., Lee, C. H., & Shim, Y.-H. (2020). Effects of phosphoethanolamine supplementation on mitochondrial activity and lipogenesis in a caffeine ingestion caenorhabditis elegans model. *Nutrients*, *12*(11), 33-48. <https://doi.org/10.3390/nu12113348>
- Miny, K., Burrowes, J., & Jidovtseff, B. (2017). Interest of creatine supplementation in soccer. *Science & Sports*, *32*(2), 61-72. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.11.001>
- Mitchell, C., McGregor, R., D'Souza, R., Thorstensen, E., Markworth, J., Fanning, A., Poppitt, S., & Cameron-Smith, D. (2015). Consumption of milk protein or whey protein results in a similar increase in muscle protein synthesis in middle aged men. *Nutrients*, *7*(10), 8685-8699. <https://doi.org/10.3390/nu7105420>
- Mohiuddin, A. K. (2019). Supplements and enhancement drugs: Athletes torment themselves with potential risks—mini review. *South Asian Research Journal of Pharmaceutical Sciences*, *1*(2), 63-67. <https://doi.org/10.36346/sarjps.2019.v01i02.004>
- Monteyne, A., Martin, A., Jackson, L., Corrigan, N., Stringer, E., Newey, J., Rumbold, P. L. S., Stevenson, E. J., & James, L. J. (2018). Whey protein consumption after resistance exercise reduces energy intake at a post-exercise meal. *European Journal of Nutrition*, *57*(2), 585-592. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1344-4>
- Mose, M., Brodersen, K., Rittig, N., Schmidt, J., Jessen, N., Mikkelsen, U., Jørgensen, J., & Møller, N. (2021). Anabolic effects of oral leucine-rich protein with and without β -hydroxybutyrate on muscle protein metabolism in a novel clinical model of systemic inflammation—a randomized crossover trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *114*(3), 1159-1172. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab148>
- Naclerio, F., Seijo, M. (2019). Whey protein supplementation and muscle mass: Current perspectives. *Nutrition and Dietary Supplements*, *11*(6), 37-48. <https://doi.org/10.2147/NDS.S166195>
- Naderi, A., Oliveira, E. P., Ziegenfuss, T. N., & Willems, M. E. T. (2016). Timing, optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based use in sports nutrition. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, *20*(4), 1-12.
- Nelson, A. B., Queathem, E. D., Puchalska, P., & Crawford, P. A. (2023). Metabolic messengers: Ketone bodies. *Nature Metabolism*, *5*(12), 2062-2074. <https://doi.org/10.1038/s42255-023-00935-3>
- Nicholls, S. J., Nelson, A. J. (2020). The fish-oil paradox. *Current Opinion in Lipidology*, *31*(6), 356-361. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000712>
- Nie, C., He, T., Zhang, W., Zhang, G., & Ma, X. (2018). Branched chain amino acids: Beyond nutrition metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(4), 954-968. <https://doi.org/10.3390/ijms19040954>
- Nieman, D. C., Zwetsloot, K. A., Simonson, A. J., Hoyle, A. T., Wang, X., Nelson, H. K., Lefranc-Millot, C., & Guérin-Deremaux, L. (2020). Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: A randomized trial. *Nutrients*, *12*(8), 23-37.
- O'Connor, E., Mündel, T., & Barnes, M. J. (2022). Nutritional compounds to improve post-exercise recovery. *Nutrients*, *14*(23), 50-69. <https://doi.org/10.3390/nu14235069>
- Ochi, E. (2019). Eicosapentaenoic acid and docosahexanoic acid in exercise performance. *Nutrition and Enhanced Sports Performance*, *13*(6), 715-728. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012813922600062X>
- Ochi, E., Tsuchiya, Y. (2018). Eicosapentaenoic acid (epa) and docosahexanoic acid (dha) in muscle damage and function. *Nutrients*, *10*(5), 552-559. <https://doi.org/10.3390/nu10050552>
- Olson, D., Aryana, K. J. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids added to yogurt. P. S. Nagendra (Ed.), *Yogurt in Health and Disease Prevention* (135-149). United States: Academic Press.

- Olsson, H., Al-Saadi, J., Oehler, D., Pergolizzi, J., & Magnusson, P. (2019). Physiological effects of beetroot in athletes and patients. *Cureus*, 5(4), 66-72. <https://doi.org/10.7759/cureus.6355>
- Park, Y., Park, H.-Y., Kim, J., Hwang, H., Jung, Y., Kreider, R., & Lim, K. (2019). Effects of whey protein supplementation prior to, and following, resistance exercise on body composition and training responses: A randomized double-blind placebo-controlled study. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 23(2), 34-44. <https://doi.org/10.20463/jenb.2019.0015>
- Pawlak-Chaouch, M., Boissière, J., Munyaneza, D., Gamelin, F.-X., Cuvelier, G., Berthoin, S., & Aucouturier, J. (2019). Beetroot juice does not enhance supramaximal intermittent exercise performance in elite endurance athletes. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(8), 729-738. <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1601601>
- Peeling, P., Binnie, M. J., Goods, P. S., Sim, M., & Burke, L. M. (2018). Evidence-based supplements for the enhancement of athletic performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 178-187. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0343>
- Peeling, P., Castell, L. M., Derave, W., Hon, O. d., & Burke, L. M. (2019). Sports foods and dietary supplements for optimal function and performance enhancement in track-and-field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 198-209. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0271>
- Peng, H., Wang, Y., & Luo, W. (2020). Multifaceted role of branched-chain amino acid metabolism in cancer. *Oncogene*, 39(44), 6747-6756. <https://doi.org/10.1038/s41388-020-01480-z>
- Pereira, P. E., Motoyama, Y., Esteves, G. J., Oliveira, J. C., Pereira, R., Pandeló, D., & Azevedo, P. (2016). Caffeine supplementation delays the fatigue through central nervous system modulation. *Sport Sciences for Health*, 12(2), 239-245. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0281-1>
- Pickering, C., Grgic, J. (2020). Is coffee a useful source of caffeine preexercise? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 30(1), 69-82.
- Pickering, C., Kiely, J. (2019). What should we do about habitual caffeine use in athletes? *Sports Medicine*, 49(16), 833-842.
- Pimentel-Suarez, L. I., Soto-Mota, A. (2023). Evaluation of the safety and tolerability of exogenous ketosis induced by orally administered free beta-hydroxybutyrate in healthy adult subjects. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 6(2), 122-126. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2023-000672>
- Pinaffi-Langley, A. C. D. C., Dajani, R. M., Prater, M. C., Nguyen, H. V. M., Vrancken, K., Hays, F. A., & Hord, N. G. (2024). Dietary nitrate from plant foods: A conditionally essential nutrient for cardiovascular health. *Advances in Nutrition*, 15(1), 100-118. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.100158>
- Poffé, C., Ramaekers, M., Bogaerts, S., & Hespel, P. (2020). Exogenous ketosis impacts neither performance nor muscle glycogen breakdown in prolonged endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 128(6), 1643-1653. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00092.2020>
- Poffé, C., Ramaekers, M., Bogaerts, S., & Hespel, P. (2021). Bicarbonate unlocks the ergogenic action of ketone monoester intake in endurance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(2), 431-440.
- Poortmans, J. R., Gualano, B., & Carpentier, A. (2015). Nitrate supplementation and human exercise performance: Too much of a good thing? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 18(6), 599-604.
- Porcelli, S., Ramaglia, M., Bellistri, G., Pavei, G., Pugliese, L., Montorsi, M., Rasica, L., & Marzorati, M. (2015). Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(8), 1643-1651.
- Prins, P. J., Koutnik, A. P., D'Agostino, D. P., Rogers, C. Q., Seibert, J. F., Breckenridge, J. A., Jackson, D. S., Ryan, E. J., Buxton, J. D., & Ault, D. L. (2020). Effects of an exogenous ketone supplement on five-kilometer running performance. *Journal of Human Kinetics*, 72(1), 115-127. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0114>

- Puchalska, P., Crawford, P. A. (2017). Multi-dimensional roles of ketone bodies in fuel metabolism, signaling, and therapeutics. *Cell Metabolism*, 25(2), 262-284. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.12.022>
- Qiao, C., Liu, S. (2022). Influence of network multimedia nutritional supplements on basketball exercise fatigue based on embedded microprocessor. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 20(1), 1-13. <https://doi.org/10.1155/2022/7900467>
- Rahimi, M. H., Shab-Bidar, S., Mollahosseini, M., & Djafarian, K. (2017). Branched-chain amino acid supplementation and exercise-induced muscle damage in exercise recovery: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Nutrition*, 42(1), 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.05.005>
- Rahimlou, M., Ramezani, A., Mahdipour, M., Palimi, E., & moradipoodeh, b. (2019). Branched chain amino acids supplementation can reduce muscle injury and hasten recovery post-exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Nutrition, Fasting and Health*, 4, 121-134. <https://doi.org/10.22038/jnfh.2019.38666.1177>
- Ramos, C., Hendgen-Cotta, U. B., Totzeck, M., Pohl, J., Lüdike, P., Flögel, U., Deenen, R., Köhrer, K., French, B. A., Gödecke, A., Kelm, M., & Rassaf, T. (2016). Impact of dietary nitrate on age-related diastolic dysfunction. *European Journal of Heart Failure*, 18(6), 599-610. <https://doi.org/10.1002/ejhf.535>
- Rautiainen, S., Manson, J. E., Lichtenstein, A. H., & Sesso, H. D. (2016). Dietary supplements and disease prevention—a global overview. *Nature Reviews Endocrinology*, 12(7), 407-420.
- Rawson, E. S., Miles, M. P., & Larson-Meyer, D. E. (2018). Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 188-199. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0340>
- Reis, C. E. G., Loureiro, L. M. R., Roschel, H., & Da Costa, T. H. M. (2021). Effects of pre-sleep protein consumption on muscle-related outcomes — a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(2), 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.016>
- Rezaei, S., Gholamalazadeh, M., Tabrizi, R., Nowrouzi-Sohrabi, P., Rastgoo, S., & Doaei, S. (2021). The effect of l-arginine supplementation on maximal oxygen uptake: A systematic review and meta-analysis. *Physiological Reports*, 9(3), 137-159. <https://doi.org/10.14814/phy2.14739>
- Ribeiro, F., Longobardi, I., Perim, P., Duarte, B., Ferreira, P., Gualano, B., Roschel, H., & Saunders, B. (2021). Timing of creatine supplementation around exercise: A real concern? *Nutrients*, 13(8), 28-44. <https://doi.org/10.3390/nu13082844>
- Roberts, M. D., Moulding, B., Forbes, S. C., & Candow, D. G. (2023). Evidence-based nutritional approaches to enhance exercise adaptations. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 26(6), 514-520. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000975>
- Rosas, F., Ramírez-Campillo, R., Martínez, C., Caniuqueo, A., Cañas-Jamet, R., McCrudden, E., Meylan, C., Moran, J., Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Loturco, I., Diaz, D., & Izquierdo, M. (2017). Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 99-109. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0072>
- Roveratti, M. C., Jacinto, J. L., Oliveira, D. B., Da Silva, R. A., Andraus, R. A. C., De Oliveira, E. P., Ribeiro, A. S., & Aguiar, A. F. (2019). Effects of beta-alanine supplementation on muscle function during recovery from resistance exercise in young adults. *Amino Acids*, 51(4), 589-597. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-02686-y>
- Ruan, H.-B., Crawford, P. A. (2018). Ketone bodies as epigenetic modifiers. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 21(4), 260-266. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000475>
- Saimaiti, A., Zhou, D.-D., Li, J., Xiong, R.-G., Gan, R.-Y., Huang, S.-Y., Shang, A., Zhao, C.-N., Li, H.-Y., & Li, H.-B. (2023). Dietary sources, health benefits, and risks of caffeine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(29), 48-66. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2074362>

- Sainz, I., Collado-Mateo, D., & Coso, J. D. (2020). Effect of acute caffeine intake on hit accuracy and reaction time in professional e-sports players. *Physiology & Behavior*, 224(13), 113-127. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113031>
- Salem, A., Trabelsi, K., Jahrami, H., AlRasheed, M. M., Boukhris, O., Puce, L., Bragazzi, N. L., Ammar, A., Glenn, J. M., & Chtourou, H. (2024). Branched-chain amino acids supplementation and post-exercise recovery: An overview of systematic reviews. *Journal of the American Nutrition Association*, 43(4), 384-396. <https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2297899>
- Sanctis, V., Soliman, N., Soliman, A. T., Elsedfy, H., Di Maio, S., El Kholy, M., & Fiscina, B. (2017). Caffeinated energy drink consumption among adolescents and potential health consequences associated with their use: A significant public health hazard. *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*, 88(2), 144-161. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i2.6664>
- Santos, C. d. S., Nascimento, F. E. L. (2019). Isolated branched-chain amino acid intake and muscle protein synthesis in humans: A biochemical review. *Einstein (Sao Paulo)*, 17(3), 48-58.
- Saris, C. G. J., Timmers, S. (2022). Ketogenic diets and ketone supplementation: A strategy for therapeutic intervention. *Frontiers in Nutrition*, 9(3), 547-567. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.947567>
- Sartini, S., Lattanzi, D., Di Palma, M., Savelli, D., Eusebi, S., Sestili, P., Cuppini, R., & Ambrogini, P. (2019). Maternal creatine supplementation positively affects male rat hippocampal synaptic plasticity in adult offspring. *Nutrients*, 11(9), 20-34. <https://doi.org/10.3390/nu11092014>
- Saunders, B., Da Costa, L. R., De Souza, R. A. S., Barreto, G., & Marticorena, F. M. (2023). Caffeine and sport. T. Fidel (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (95-127). United States: Academic Press.
- Shannon, O. M., Barlow, M. J., Duckworth, L., Williams, E., Wort, G., Woods, D., Siervo, M., & O'Hara, J. P. (2017). Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. *European Journal of Applied Physiology*, 117(13), 775-785.
- Shaw, D. M., Merien, F., Braakhuis, A., Maunder, E., & Dulson, D. K. (2020). Exogenous ketone supplementation and keto-adaptation for endurance performance: Disentangling the effects of two distinct metabolic states. *Sports Medicine*, 50(4), 641-656. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01246-y>
- Smith, C. R., Harty, P. S., Stecker, R. A., & Kerksick, C. M. (2019). A pilot study to examine the impact of beta-alanine supplementation on anaerobic exercise performance in collegiate rugby athletes. *Sports*, 7(11), 231-244. <https://doi.org/10.3390/sports7110231>
- Smith, G. I., Commean, P. K., Reeds, D. N., Klein, S., & Mittendorfer, B. (2018). Effect of protein supplementation during diet-induced weight loss on muscle mass and strength: A randomized controlled study. *Obesity*, 26(5), 854-861. <https://doi.org/10.1002/oby.22169>
- Smith-Ryan, A. E., Cabre, H. E., Eckerson, J. M., & Candow, D. G. (2021). Creatine supplementation in women's health: A lifespan perspective. *Nutrients*, 13(3), 877-886.
- Souza, J. G., Del Coso, J., Fonseca, F. D. S., Silva, B. V. C., De Souza, D. B., Da Silva Gianoni, R. L., Filip-Stachnik, A., Serrão, J. C., & Claudino, J. G. (2022). Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: A systematic review. *European Journal of Nutrition*, 61(8), 23-34. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02874-3>
- Stares, A., Bains, M. (2020). The additive effects of creatine supplementation and exercise training in an aging population: A systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 43(2), 99-112.
- Stefan, M., Sharp, M., Gheith, R., Lowery, R., & Wilson, J. (2020). The effects of exogenous beta-hydroxybutyrate supplementation on metrics of safety and health. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 9(6), 154-168. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20200906.13>

- Świtła, K. (2023). The popular ergogenic substances in sport and physical activity. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 41(6), 69-80. <https://doi.org/10.18276/cej.2023.1-07>
- Szerej, K., Dorobek, W., Stankiewicz, K., & Świczkowski-Feiz, J. (2024). The role of caffeine in enhancing physical performance: From metabolism to muscle function. *Journal of Education, Health and Sport*, 59(4), 158-165. <https://doi.org/10.12775/JEHS.2024.59.010>
- Tan, R., Cano, L., Lago-Rodríguez, Á., & Domínguez, R. (2022). The effects of dietary nitrate supplementation on explosive exercise performance: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 762-780. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020762>
- Tan, Z. S., Sim, A., Kawabata, M., & Burns, S. F. (2021). A systematic review of the effects of caffeine on basketball performance outcomes. *Biology*, 11(1), 17-29. <https://doi.org/10.3390/biology11010017>
- Tang, F. C., Chan, C. C. (2017). Contribution of branched-chain amino acids to purine nucleotide cycle: A pilot study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 587-593. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.161>
- Trexler, T., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., Kreider, R. B., Jäger, R., Earnest, C. P., Bannock, L., Campbell, B., Kalman, D., Ziegenfuss, T. N., & Antonio, J. (2015). International society of sports nutrition position stand: Beta-alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(1), 30-44. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0090-y>
- Trommelen, J., Van Lieshout, G. A. A., Pabla, P., Nyakayiru, J., Hendriks, F. K., Senden, J. M., Goessens, J. P. B., Van Kranenburg, J. M. X., Gijzen, A. P., Verdijk, L. B., De Groot, L. C. P. G. M., & Van Loon, L. J. C. (2023). Pre-sleep protein ingestion increases mitochondrial protein synthesis rates during overnight recovery from endurance exercise: A randomized controlled trial. *Sports Medicine*, 53(7), 1445-1455. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01822-3>
- Valenzuela, P. L., Castillo-García, A., Morales, J. S., & Lucia, A. (2021). Perspective: Ketone supplementation in sports—does it work? *Advances in Nutrition*, 12(2), 305-315. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa130>
- Valenzuela, P. L., Morales, J. S., Castillo-García, A., & Lucia, A. (2020). Acute ketone supplementation and exercise performance: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 298-308. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0918>
- Vandoorne, T., De Smet, S., Ramaekers, M., Van Thienen, R., De Bock, K., Clarke, K., & Hespel, P. (2017). Intake of a ketone ester drink during recovery from exercise promotes mtorc1 signaling but not glycogen resynthesis in human muscle. *Frontiers in Physiology*, 8(4), 310-324. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00310>
- Vasconcelos, Q. D. J. S., Bachur, T. P. R., & Aragão, G. F. (2021). Whey protein supplementation and its potentially adverse effects on health: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(1), 27-33.
- Velappan, M., Munusamy, D., Velappan, M., & Munusamy, D. (2023). Omega-3 fatty acids: Novel insight into cardiovascular events, cardiovascular disease (cvd), and cardiac arrhythmias. F. Erik (Ed.), *Fatty Acids - From Biosynthesis to Human Health* (130-186). United Kingdom: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110824>
- Wang, C., Zhu, Y., Dong, C., Zhou, Z., & Zheng, X. (2020). Effects of various doses of caffeine ingestion on intermittent exercise performance and cognition. *Brain Sciences*, 10(9), 595-611. <https://doi.org/10.3390/brainsci10090595>
- Wang, C.-C., Yang, M.-T., Lu, K.-H., & Chan, K.-H. (2016). The effects of creatine supplementation on explosive performance and optimal individual postactivation potentiation time. *Nutrients*, 8(3), 143-150.
- Wang, J., Wang, W., Zhu, F., & Duan, Q. (2022). The role of branched chain amino acids metabolic disorders in tumorigenesis and progression. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153(6), 113-130. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113390>

- Wardenaar, F. C., Ceelen, I. J., Dijk, J.-W. v., Hangelbroek, R. W. J., Roy, L. V., Pouw, B. V. d., Vries, J. H. M. d., Mensink, M., & Witkamp, R. F. (2017). Nutritional supplement use by dutch elite and sub-elite athletes: Does receiving dietary counseling make a difference? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(1), 32-42. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0157>
- Watanabe, Y., Tatsuno, I. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids for cardiovascular diseases: Present, past and future. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, 10(8), 865-873. <https://doi.org/10.1080/17512433.2017.1333902>
- Wax, B., Kerksick, C. M., Jagim, A. R., Mayo, J. J., Lyons, B. C., & Kreider, R. B. (2021). Creatine for exercise and sports performance, with recovery considerations for healthy populations. *Nutrients*, 13(6), 19-35.
- Whalley, P. J., Dearing, C. G., & Paton, C. D. (2020). The effects of different forms of caffeine supplement on 5-km running performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 390-394.
- Wolfe, R. R. (2017). Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: Myth or reality? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 30-43. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0184-9>
- Wylie, L. J., Bailey, S. J., Kelly, J., Blackwell, J. R., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2016). Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 116(2), 415-425. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3296-4>
- Xiao, C.-W., Hendry, A., Kenney, L., & Bertinato, J. (2023). L-lysine supplementation affects dietary protein quality and growth and serum amino acid concentrations in rats. *Scientific Reports*, 13(1), 199-213.
- Xin, G., Eshaghi, H. (2021). Effect of omega-3 fatty acids supplementation on indirect blood markers of exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Science & Nutrition*, 9(11), 6429-6442. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2598>
- Yao, H., Li, K., Wei, J., Lin, Y., & Liu, Y. (2023). The contradictory role of branched-chain amino acids in lifespan and insulin resistance. *Frontiers in Nutrition*, 10(4), 118-139.
- Yokota, Y., Yamada, S., Yamamoto, D., Kato, K., Morito, A., & Takaoka, A. (2023). Creatine supplementation alleviates fatigue after exercise through anti-inflammatory action in skeletal muscle and brain. *Nutraceuticals*, 3(2), 234-249. <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals3020019>
- Zamani, H., De Joode, M. E. J. R., Hossein, I. J., Henckens, N. F. T., Guggeis, M. A., Berends, J. E., De Kok, T. M. C. M., & Van Breda, S. G. J. (2021). The benefits and risks of beetroot juice consumption: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(5), 788-804. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1746629>
- Zanella, P. B., Alves, F. D., & de Souza, C. G. (2016). Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: A systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 9(3), 213-225.
- Zazpe, I., Ruiz-Canela, M. (2020). Effect of branched-chain amino acid supplementation, dietary intake and circulating levels in cardiometabolic diseases: An updated review. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 23(1), 35-50.
- Zhang, L., Guo, Q., Duan, Y., Wang, W., Yang, Y., Yin, Y., Gong, S., Han, M., Li, F., & Yin, Y. (2022). Potential nutritional healthy-aging strategy: Enhanced protein metabolism by balancing branched-chain amino acids in a finishing pig model. *Food & Function*, 13(11), 6217-6232. <https://doi.org/10.1039/D1FO03970A>