



SPORCULARIN ENERJİ VE BESİN ÖGESİ GEREKSİNİMLERİ: SİSTEMATİK BİR İNCELEME

Sena ÖMÜR *1 ABD, Gülgün ERSOY 1 ABD

¹ İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

A Çalışma Deseni (Study Design)

B Verilerin Toplanması (Data Collection)

C Veri Analizi (Statistical Analysis)

D Makalenin Hazırlanması (Manuscript Preparation)

E Maddi İmkânların Sağlanması (Funds Collection)

ÖZET

Derleme Makale

Müسابaka sporcularının enerji ve besin ögesi alımları; sağlık durumlarını korumak, spor performanslarını geliştirmek, toparlanmalarını hızlandırmak, yaralanma ve sakatlıkları önlemek için önemlidir. Bu derlemede; sporcuların enerji, makro ve mikrobesein ögesi alımlarının sporcunun sağlığı ve performansına etkilerinin sistematik olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, 2012-2023 yılları arasında yayınlanan 31 makale seçilmiş, sporcuların enerji, makro ve mikrobesein ögesi gereksinimleri olarak üç başlık oluşturulmuştur. Araştırma sonuçları hem kadın hem erkek sporcular için kullanılabilir enerjinin önemini vurgulamış, artan enerji harcaması için gerekli enerji alımını sağlamanın önemini göstermiştir. Enerji ve makrobesein ögesi alımının beslenme periyodizasyonu ile sağlanmasının spor performansını destekleyebileceği gösterilmiştir. Antrenman veya müسابaka dönemlerine göre önerilen makro ve mikrobesein öğelerinin sporcunun performans belirteçlerini desteklediği, ancak önerilenin üzerinde alımın performans üzerinde önemli bir etkisi olmadığını üzerinde durulmuştur. Doğru planlanan bir diyet ile D vitamini, antioksidan vitaminler, demir, kalsiyum, sodyum, magnezyum gibi mikrobesein öğelerinin gereksiniminin karşılanabileceği, besin desteği olarak alımının ise spor performansına etkilerini görebilmek için daha fazla çalışma yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Bu derlemede; sporcular için güncel temel konular ele alınmış, sporcular, spor diyetisyenler ve klinisyenler için bir rehber oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: spor beslenmesi, enerji alımı, makrobesein ögesi alımı, mikrobesein ögesi alımı, spor performansı

ENERGY AND NUTRIENT REQUIREMENTS OF ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

Review Article

Energy and nutrient intakes of competition athletes are important to maintain their personal health status, improve their sports performance, accelerate recovery, and prevent injuries and disabilities. In this review, it was aimed to systematically examine the effects of energy, macro, and micronutrient intakes on athletes' health and performance. In this direction, 31 articles published between 2012 and 2023 were selected, and three titles were formed as energy, macro, and micronutrient requirements of athletes. The results of the research; emphasized the importance of usable energy for both male and female athletes, and showed the importance of providing the required energy intake following increased energy expenditure. It has been shown that providing energy and macronutrient intake with nutritional periodization may support sports performance. It was emphasized that macronutrients and micronutrients recommended according to training or competition periods support athlete's performance markers, but intake above the recommended intake does not have a significant effect on performance. It has been demonstrated that with a properly planned diet, the need for micronutrients such as vitamin D, antioxidant vitamins, iron, calcium, sodium, and magnesium might be met, and further studies are required to see the effects of dietary supplementation on sports performance. In this review; current basic issues for athletes have been discussed, and a guide has been created for athletes sports dietitians, and clinicians.

Keywords: sport nutrition, energy intake, macronutrient intake, micronutrient intake, sport performancecommitment

*Sorumlu Yazar, Corresponding Author: Sena ÖMÜR, dytsenaomur@gmail.com

Çıkar Çatışması, Yok – Conflict of Interest, No, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi- Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok/No

1. GİRİŞ

Sporcuların enerji ve makrobesin ögesi gereksinimleri; spor türü, antrenman ve beslenmenin zamanlaması ve periyotlanması, diğer kişisel ve çevresel faktörlere göre kişisel olarak belirlenir (Malsagova ve ark. 2021). Bu planlama yapılırken; yaşa, vücut ağırlığına, cinsiyete göre enerji alımı, egzersiz öncesi, sırası ve sonrası dönemlerde makro ve mikrobesein ögesi gereksinimlerinin karşılanması, müsabaka dönemine göre vücut ağırlığı (artışı veya azalması) hedefleri belirlenir. Besin seçimleri yapılırken; sosyal, kültürel, gelir düzeyi, maliyet, dini inanç, kişinin alışkın olduğu besinler, tat ve iştah gibi faktörler dikkate alınır (Malsagova ve ark. 2021). Günümüzde spor beslenmesi konusunda Uluslararası Spor Beslenmesi Topluluğu (International Society of Sport Nutrition-ISSN) ve Uluslararası Olimpiyat Komitesi (International Olympic Committee-IOC) gibi kuruluşların önerileri dikkate alınır (Bytomski, 2018), (Kerksick ve ark. 2018).

Bu derlemede; sporcuların egzersiz şekline göre enerji, makro ve mikrobesein ögesi gereksinimlerine ait genel öneriler ile sporcunun sağlığı ve performansına etkisini gösteren güncel çalışmalar sistemantik olarak incelenmiştir.

1.1. Enerji Gereksinimi

Sporcuların enerji gereksinimleri; cinsiyet, yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, genetik faktörler ve spor dalına göre değişir. Sporcuların dikkat etmesi gereken ortak noktalar arasında; sağlık ve performansın devamlılığı için enerji ve besin öğelerinin yeterli ve dengeli alınması, spor dalına uygun vücut bileşimi, egzersiz sonrası toparlanma, su ve elektrolit dengesinin sağlanması yer alır (Kerksick ve ark. 2018).

Sporcular için enerji dengesi; günlük enerji alımının egzersiz ile harcanan enerjiye eşit olmasıdır (McArdle, Katch, Katch, 2005). Günlük enerji harcamasının alımından daha fazla olduğu negatif enerji dengesi durumunda vücutta ağırlık kaybı, pozitif enerji dengesinde ise vücut ağırlığında artış gerçekleşir (Hill, Wyatt, Peters, 2012).

Dayanıklılık antrenmanları 4-5 saate kadar uzayabilirken, kuvvet antrenmanları dakikalar ya da saniyeler içinde sonlanabilir. Uzun süreli ve yüksek yoğunluklu antrenmanlarda enerji gereksinimi daha fazladır. Takım sporlarında, sporcunun oyundaki pozisyonu ve vücut ağırlığı gibi farklılıklar toplam günlük enerji gereksinimlerinde farklılık yaratabilir. Sonuç olarak, enerji gereksinimi egzersiz şekli, şiddeti ve süresine bağlı olarak değişir. Egzersiz şekline bağlı olarak enerji sistemlerinin makrobesin öğeleri gereksinimi farklılık gösterir (Mikesky ve Fink, 2021). Günümüzde ise kullanılabilir enerji (KE) kavramı önem kazanmıştır (Hall ve ark. 2012), (Zoorob ve ark. 2013).

Kullanılabilir Enerji Kavramı

Kullanılabilir enerji; alınan enerjinin harcanan enerji ile farkının (kcal) yağsız vücut ağırlığına (kg) bölünmesi ile belirlenen ve egzersiz dışındaki diğer vücut fonksiyonları için kullanılan enerjidir (Mikesky ve Fink, 2021). Kullanılabilir enerjinin düşüklüğü yani düşük kullanılabilir enerji (DKE), bir kişide yeme bozukluğu olsun ya da olmasın çeşitli tarama yöntemleri ve gerekenden daha az enerji alımı ile belirlenir (Loucks, 2004). Sağlıklı yetişkinler için ideal kullanılabilir enerji düzeyi >45kcal/kg/yağsız vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir (Mikesky, Fink, 2021). Kadınlarda bu değer altı “Kadın Sporcu Triadı” olarak adlandırılan soruna yol açar (Stoyel ve ark. 2020). DKE, triadın ilk basamağını oluşturur. İkinci basamak, amenore veya oligomenore gibi menstrüel disfonksiyonlardır (Mountjoy ve ark. 2014), (DeSouza ve ark. 2010). Üçüncü basamak, kemik mineral yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak sporcuların osteoporoz veya stres kırıklarına yatkınlığının artmasıdır (Sonntag ve Ludwig, 2012), (Chen, Tenforde, Fredericson, 2012). DKE, menstrüel

disfonksiyon veya düşük kemik mineral yoğunluğuna neden olabilir (Wentz ve ark. 2012). Görünümün ön planda olduğu spor dallarında özellikle kadın sporcularda düşük enerji alımı ve yüksek enerji harcamasına bağlı yeme bozuklukları riski artabilir (Tektunalı Akman ve Ersoy, 2020)

Erkek sporcularda kas kazanımı gibi hedefler nedeniyle düzensiz yeme davranışları görülebilir (Tektunalı Akman ve Ersoy, 2020). Yüksek enerji harcaması ve düşük enerji alımına bağlı olarak üreme ve iskelet sistemi fonksiyonlarında bozulmalar meydana gelebilir. Düşük testosteron düzeyleri düşük kemik mineral yoğunluğu ile ilişkilidir (Güney ve Ersoy, 2020). Bu bağlamda, IOC 2018 yılında yeni bir güncelleme ile düşük enerji alımı ve bunun fizyolojik etkilerinin sadece kadın sporcuları değil, erkek sporcuları da etkileyebileceğini belirtmiştir (Mountjoy ve ark. 2018). Bu nedenle 2023 yılında IOC, kadın sporcular başta olmak üzere tüm sporcuların gerekli enerjiyi aldıklarından emin olunması gerektiğini bildirmiştir (Mountjoy ve ark. 2023).

1.2. Makrobesin Ögesi Gereksinimi ve Alım Zamanlaması

Yeterli karbonhidrat, protein ve yağ alımı, spor performansı için önemlidir. Bir fitness programına katılan veya belirli bir performans hedefine yönelik düzenli antrenman yapmayan kişilerin günlük makrobesin ögesi gereksinimi günlük alınan enerjinin;

- %45-55'i karbonhidrat (3-5g/kg),
- %15-20'si protein (0.8-1.2g/kg),
- %25-35'i yağ (0.5-1.5g/kg) olacak şekilde genel öneriler ile benzerdir (Sims ve ark. 2023).

Sporcuların egzersiz türü ve şiddetine göre değişen günlük makrobesin ögesi gereksinimleri Tablo 1'de verilmiştir (Zoorob ve ark. 2013), (Jäger ve ark. 2017).

Tablo 1. Sporcuların günlük makrobesin ögesi gereksinimleri

Spor Dalları	Karbonhidrat (g/kg)	Protein (g/kg)	Yağ (%)
Dayanıklılık (Koşu, yüzme, triatlon...)	1 saat orta şiddetli egzersiz: 5-7 1-3 saat dayanıklılık egzersizi: 6- 10 4-5 saat ultra dayanıklılık egzersizi: 8-10	Orta şiddetli egzersiz: 1.2-2 Yüksek şiddetli egzersiz: 1.7-2.2	Toplam enerji alımının yaklaşık %30'u
Kuvvet (Güreş, halter, boks...)	6-10	1.4-1.7	
Takım (Futbol, voleybol, basketbol...)	Düşük şiddetli egzersiz: 5-7 Yüksek şiddetli egzersiz: 7-12 Çok yüksek şiddetli egzersiz: 10-12	1.2-1.6	

Karbonhidratlar

Karbonhidratlar, vücutta glikojen olarak depolanır. Kas hücrelerinde depolanabilme özelliği ile patlayıcı güç gerektiren egzersizler sırasında hızlı bir enerji kaynağıdır (Sims ve ark. 2023), (Rothschild, Kilding, Plews, 2020). Spor performansının ve yorgunluk zamanının geciktirilmesi için en önemli besin öğelerindendir. Çok şiddetli egzersiz sırasında enerji kaynağı için öncelikli olarak

glukoz kullanılır ve egzersiz şiddeti arttıkça günlük karbonhidrat gereksinimi de artar (Zoorob ve ark. 2013).

Sporcuların egzersiz ile azalan kas glikojen depolarını en verimli şekilde doldurmak için uygulanan bir beslenme prosedürü; “karbonhidrat yükleme” işlemidir. Karbonhidrat yükleme işlemi için uygulanan yaygın müdahalelerden bazıları; 3 gün düşük karbonhidrat alımı sonrası, 3 gün yüksek alım veya ilk 3 gün karışık, sonraki 3 gün yüksek karbonhidrat alımını içeren uygulamalardır (Zoorob ve ark. 2013). En güncel uygulama, 90 dakikadan fazla süren antrenman veya müsabakalardan önceki 36-48 saatte, 10-12g/kg karbonhidrat yükleme işlemi ile performansın %2-3 oranında artırılmasıdır (Rothschild, Kilding, Plews, 2020).

Yapılan bir çalışmada, egzersiz süresi uzadıkça egzersiz öncesi karbonhidrat alımının önemi vurgulanmış, 1950 sporcunun katıldığı bir çalışmada katılımcıların %36'sının egzersiz öncesi düzenli karbonhidrat aldığı belirlenmiş, karbonhidrat alım önerilerine uyum düzeyinin cinsiyet, egzersiz süresi ve yoğunluğu gibi faktörlerden etkilendiği görülmüştür (Jeukendrup, Jentjens, Moseley, 2005), (Rothschild, Kilding, Plews, 2021).

Bir saatten kısa süren egzersizler sırasında, karbonhidrat alımı gerekli değildir, ancak egzersiz daha uzun sürüyorsa, karbonhidrat erişilebilirliğini korumak için aktif yakıt sağlama stratejileri önerilir (Mikesky ve Fink, 2021). Örneğin; 1-2.5 saat süren egzersizlerde, glikojen depolarını korumak için 10-15 dakikada bir tüketilen ticari bir spor içeceği ve/veya bu içerik konsantrasyonuna benzer şekilde saatte 30-60g, %6-8'lik karbonhidrat solüsyonunun içilmesi önerilir (Kerksick ve ark. 2018). Egzersizler 2.5 saatin üzerinde sürüyorsa, saat başına 60-70g ve kişisel toleransa göre saatte 90 g'a kadar yüksek karbonhidrat alımları performans artışı ile ilişkilendirilmiştir (Jäger ve ark. 2017), (Burke ve ark. 2011), (Thomas, Erdman, Burke, 2016a).

Egzersizden sonraki ilk birkaç saat içinde toparlanma süresi 4 saatten az olan bir sonraki egzersiz için hızlı bir şekilde glikojen desteğine gerek duyulduğunda, saatte 1.2g/kg agresif karbonhidrat alım stratejisi uygulanmalıdır. Bu koşullarda glisemik indeksi yüksek (>70) besinler seçilmelidir (Rothschild, Kilding, Plews, 2020), (Kerksick ve ark. 2017).

Karbonhidratın türü de sporcunun fizyolojisini ve performansını etkiler. Örneğin; orta- yüksek glisemik indeksli karbonhidratlar, glikojen sentezi için iyi bir kaynaktır (Burke ve ark. 2011). Antrenman sırasında tercih edilen karbonhidrat kaynakları arasında; spor içecekleri, jel ve barlar, katı veya sıvı formdaki besinler yer alır (Zoorob ve ark. 2013). Bu karbonhidratlar; glukoz, fruktoz ve sükroz karışımlarını içerebilir. Bir diğer yöntem ise karbonhidrat ile gargara yöntemidir. Yüksek yoğunluklu 60 dakikalık egzersizlerde karbonhidrat ile ağız çalkalamanın performansı %2-3 oranda artırabileceği gösterilmiştir (Jeukendrup, 2013).

Proteinler

Sporcularda protein alımı, pozitif nitrojen dengesi oluşturmak ve kas protein sentezini desteklemek için önemlidir. Profesyonel sporcular genel olarak önerilen günlük protein alım düzeyinden (0.8g/kg) daha yüksek miktarda proteine gereksinim duyar (Sims ve ark. 2023) (Tablo 1). Özellikle kuvvet sporcuları, yağsız vücut ağırlığını korumak için yüksek miktarda protein alır. Kas onarımını üst düzeye çıkarmak, kuvvet ve hipertrofi ile ilgili adaptasyonları geliştirmek için çeşitli aminoasit formlarını içeren stratejik bir planlama yapılmalıdır (Kerksick ve ark. 2008). Egzersiz öncesi dönemde besin alımı için öncelikle gastrointestinal toleransın sağladığından emin olunmalıdır (Jäger ve ark. 2017). Yoğun bir dayanıklılık egzersizi sırasında potansiyel kas hasarını en aza indirmek için karbonhidrat ile 0.25g/kg protein alımı,

ISSN tarafından önerilmiştir (Jäger ve ark. 2017), (Thomas, Erdman, Burke, 2016a). Egzersiz sonrasında azalan kas glikojen depolarının yerine konması, toparlanmanın ve gerektiğinde kas protein sentezinin sağlanması için 2-3 saat içinde karbonhidrat ve protein birlikte alınmalıdır (Zoorob ve ark. 2013).

Protein alım zamanlaması kadar proteinin türü ve kalitesi de önemlidir. Toplam protein alımının gün içerisinde öğünlere eşit olarak dağıtılması kas protein sentezini artırır. Bu nedenle, ana öğünlere ek olarak ara öğün planlanması ve tüm öğünlere en az 15-20 g protein alımının sağlanması önerilir (Williams, Ford, Drust, 2012). Yumurta, kazein, whey, süt gibi protein kaynaklarının anabolik reaksiyonları aktive ederek kas protein sentezini destekledikleri kanıtlanmıştır (Farnfield ve ark. 2012), (Tang ve ark. 2007). Kas protein sentezini uyarmak için esansiyel aminoasitler ve lösün içeren hızlı sindirilen aminoasit kaynağı besinler tüketilmelidir. Sporcular, bu aminoasitleri içeren kaliteli protein kaynaklarına yönelmelidir (Børsheim ve ark. 2002).

Yağlar

Yağlar, bağışıklık sisteminin güçlü araçlarıdır ve yoğun bir egzersizin bağışıklık sistemini baskılayıcı etkilerini düzenler (Venkatraman, Leddy, Pendergast, 2000). Sporcuların düşük yağlı (toplam enerjinin %15'i) bir diyet uygulamalarının, antiinflamatuvar bağışıklık faktörlerini baskıladığı, toplam enerji alımında artışla birlikte daha yüksek yağlı (toplam enerjinin yaklaşık %30'u) bir diyetin ise, bağışıklık fonksiyonlarını desteklediği bilinir (Venkatraman, Leddy, Pendergast, 2000).

Sporcuların egzersiz veya vücut ağırlığı hedeflerine bağlı olarak, diyet yağ alımları değişiklik gösterir. Çoğu sporcu için, genellikle toplam enerji alımının %20-35'i arasında değişir. Enerji alımının \leq %20'sinin yağdan sağlanması performans için yararlı değildir ve yağ alımının aşırı kısıtlanması, genel sağlık ve performans hedeflerini karşılamak için gereken yiyecek çeşitliliğini sınırlayabilir (Thomas, Erdman, Burke, 2016a). Yüksek yağlı diyetin besin ögesi oksidasyonunu değiştirerek, dayanıklılık performansını artırabileceği gösterilmiştir (Cox ve ark. 2016). Yüksek yağlı, düşük karbonhidratlı bir diyetin ise düşük yoğunluktaki ($<$ %70 VO₂ maks) egzersizler sırasında, lipolizi geliştirerek fazla kilolu sporcularda kilo kaybını teşvik ettiği, ancak spor performansına etkileri düşünüldüğünde, sporcunun antrenman ve müsabaka performansını sınırlayacağı bildirilmiştir (Jäger ve ark. 2017).

1.3. Mikrobesein Ögesi Gereksinimi ve Önemi

Sporcular; enerji elde etmek, oksijenin taşınması, doku onarımı, büyüme gelişme ve diğer metabolik süreçlerin sürdürülmesi için vitamin ve mineralleri içeren mikrobesein öğelerine gereksinim duyar (Volpe, 2007). Mikrobesein ögesi gereksinimleri henüz sporcular için kişiselleştirilmemiştir. Dengeli bir diyet ile mikrobesein ögesi gereksinimleri karşılanır. Özellikle, yeterli düzeyde kalsiyum, demir, D vitamini ve antioksidan vitaminlerin alımı sporcular için önemlidir. Kısıtlayıcı diyetler uygulayan sporcularda oluşabilecek vitamin ve mineral eksiklikleri besin destekleri ile yerine konulabilir (Grozenski ve Kiel, 2020).

Vitaminler

Vitaminler, suda ve yağda çözünen vitaminler olmak üzere iki gruba ayrılır. Egzersiz kapasitesini artırmak için diyet ek olarak vitamin desteklerinin alımı ile ilgili araştırmalar, yeterli ve dengeli bir diyetin günlük vitamin gereksinimini karşılayacağını bildirmiştir (Daries, 2012), (Thomas, Erdman, Burke, 2016b).

Yağda çözünen A, D, E, K vitaminlerinin emilimi kompleks bir süreç olup pankreas, safra enzimleri ve yağ varlığı gerektirir (TÜBER-2022). Vücutta depolanabilen bu vitaminler; bağışıklık sistemi, hücre koruması, yara iyileşmesi, hücresel bütünlük, kardiyovasküler sağlık, böbrek fonksiyonları, endokrin sistem,

kemik sağlığı ve yaşlanma süreciyle ilişkilidir (Stevens, 2021). D vitamini, kas ve yağ dokularında depolanması nedeniyle sporcular için önemlidir (Cannell ve ark. 2009). D vitamini eksikliği saptanmış sporcular için IOC; 8-16 hafta süresince, haftada 50.000IU (1250mcg) D vitamini veya 8-16 haftadan daha uzun süre haftada 10.000IU D vitamini desteği önermiştir (Maughan ve ark. 2018).

Mineraller

Mineraller; sinir sistemi fonksiyonlarında, kas ve kemiklerin yapısında, hormon ve enzimlerin bileşiminde ve vücudun sıvı dengesinin sağlanmasında rol alır. Demir, kalsiyum, sodyum magnezyum gibi minerallerin yeterli alımı, sporcunun sağlığı ve performansı için önemlidir (Grozenski, Kiel, 2020), (Wasserfurth ve ark. 2020).

Demir desteği antrenman kapasitesi ve spor performansı ile ilgili belirteçlerde olumlu sonuçların gösterildiği minerallerdendir. Sporcuların kan demir düzeyleri düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir (Heffernan ve ark. 2019), (TÜBER 2022). Diyetle yetersiz kalsiyum alımı, düşük kemik mineral yoğunluğuna yol açarak, stres kırıklarına neden olabileceği için önemsenmelidir (TÜBER-2022). Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER-2022), sporcular için günlük kalsiyum gereksiniminin 1200mg olduğunu belirtmiş, ancak kalsiyum desteklerinin spor performansı üzerine doğrudan bir etkisi olmadığı gösterilmiştir (Heffernan ve ark. 2019), (TÜBER 2022), (Li ve ark. 2018). Magnezyum; enzimlerin aktivasyonu, membran fonksiyonu ve hücre içi sinyal iletiminde rol alır. Egzersiz sırasında magnezyum gereksiniminin artabileceği görülmüştür. Magnezyum, enerji üretimi ve depolanması, kas fonksiyonu ve kan glukoz düzeylerinin düzenlenmesi özellikleri nedeniyle besinsel ergojenik destek olarak bilinir (Castiglioni, 2021), (Volpe, 2015).

Beslenmenin Periyotlanması

Sporcuların kişisel periyodik antrenman planlarına uygun adaptasyonları geliştirmek veya uzun süreli performansı artırmak için belirli beslenme müdahalelerinin planlı, amaçlı ve stratejik planlanmasını belirtmek üzere “Beslenme Periyodizasyonu” veya “Periyodize Beslenme” terimleri kullanılmıştır (Jeukendrup, 2017a). Beslenme periyodizasyonunun temel amacı; uzun, orta ve kısa süreli antrenman periyotlarına adaptasyonu artırmak için uygun enerji ve makrobesin ögesi alımını planlayarak, kısa ve uzun vadeli performans kazandırmaktır (Stellingwerff, Morton, Burke, 2019), (Hartmann ve ark. 2015). Bu planlama sonucu, doğru beslenme stratejileri ile özellikle dayanıklılık sporcularında görülebilen gastrointestinal sorunlar da ortadan kalkarak performans artışı desteklenebilir (Jeukendrup, 2017b). Beslenmenin periyotlanmasına yönelik yaklaşımlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir (Tiller ve ark. 2019).

- Antrenman dönemlerinde beslenme stratejileri; antrenman durumuna, bazal metabolizma hızına, günlük enerji harcamasına vücut bileşimine ve diğer çevresel koşullara bağlı olarak kişiselleştirilir. Kronik antrenman kaynaklı glikojen depolarının tükenmesinin olumsuz etkilerini azaltmak için, orta-yüksek karbonhidratlı bir diyet (enerji alımının yaklaşık %60'ı veya günde 5-8g/kg) uygulanabilir. Düşük yoğunluklu antrenman dönemlerinden önce mitokondriyal fonksiyonu ve yağ oksidatif kapasitesini artırmak için karbonhidrat alımı sınırlandırılabilir ve/veya günlük karbonhidrat alımı azaltılabilir. Yağsız vücut ağırlığını korumak ve antrenmandan sonra toparlanmayı desteklemek için günde yaklaşık 1.6g/kg, yüksek enerji alımı sağlanan diyetlerde ise daha yüksek düzeyde protein alınabilir.

- Müsabaka dönemlerinde; günlük enerji açığını kapatmak için yaklaşık 150-400kcal içeren yiyecek ve içecekler (saatte 30-50g karbonhidrat, 5-10g protein) tercih edilebilir. Müsabaka sırasında saatte 450-750 mL sıvı alımı ile dehidrasyon ve

hiponatremi riski önlenebilir, müsabaka sırasında gastrointestinal rahatsızlıkları önlemek için düşük FODMAP diyeti (Düşük Fermente Edilebilir Oligosakkaritler, Disakkaritler, Monosakkaritler ve Polioller) uygulanabilir, müsabaka performansını artırmak için ketojenik diyet uygulanabilir, ancak bunun etkinliğine dair kanıtlar yetersizdir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri toplama ve araştırma stratejisi

Bu sistematik incelemede; PubMed, Google Scholar veri tabanlarında yapılmış çalışmalar ve kitaplar yer almıştır. Spor beslenmesi ve spor performansı temel alınarak; “sport nutrition”, “energy intake”, “macronutrient intake”, “micronutrient intake”, “sport performance” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Belirtilen anahtar kelimelere ait çalışmalar, 1900’lü yıllardan beri yayımlanmaktadır. Son yıllarda spor beslenmesi ve performansı konusunda yapılan çalışmaların sayısının ve kalitelerinin artmasıyla güncel bilgiler elde etmek için bulgularda detaylı olarak incelenen çalışmalar 2012-2023 yılları arasından seçilmiştir.

2.2. Dahil etme kriterleri

Bu sistematik inceleme için özel olarak incelenen çalışmalar için dahil edilen özellikler;

- Sağlıklı yetişkin sporcular üzerinde yapılması,
- Deneysel tasarım tipine sahip olması,
- Dayanıklılık, kuvvet veya takım sporlarını içeren örneklem grubu içermesi,
- Enerji ve besin ögeleri gereksinimi, alımı, performansa etkilerinin değerlendirilmesi,
- İngilizce dilinde yazılmış olması ve tam metnine ulaşılabilmesidir.

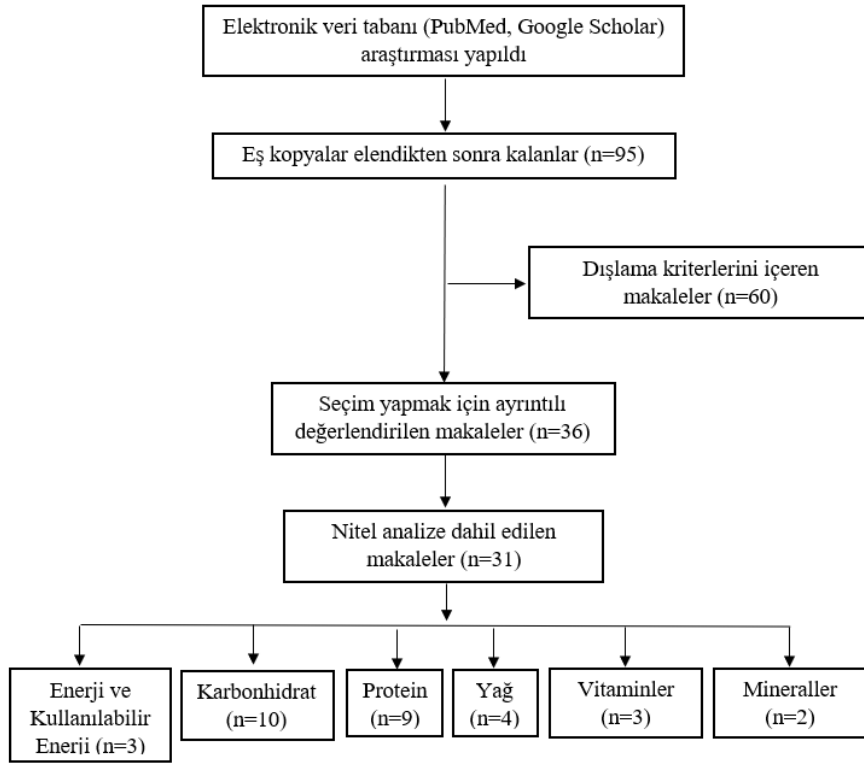
2.3. Dışlama kriterleri

Bu derlemeye dahil edilmeyen veya çıkarılan çalışmaların özellikleri;

- Çalışmaların çocuklar veya adölesanlar üzerinde yapılması,
- Örneklem grubunun kronik bir hastalığı veya özel beslenme gereksinimi olan sporcular ile engelli sporculardan oluşması,
- İngilizce dışında bir dilde yazılmış olmasıdır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

PubMed ve Google Scholar veri tabanlarında sporcuların beslenme gereksinimlerine ait makale taraması yapılarak ilk aşamada belirlenen 95 makaleden, bu çalışma ile ilgisi olmadığına ya da dışlama kriterlerinde belirtilen özellikleri içerdiğine karar verilen 60 makale çıkarılmıştır. Özet ve tam metin okuma yapılan 36 makaleden bu sistematik inceleme için nitel bir analiz yapmak üzere 31 makale seçilmiştir. Seçilen makaleler; 6 ayrı kategoriye ayrılarak enerji, makro ve mikrobesein ögesi olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir. Çalışmaların belirlenmesi ve seçim sürecinde ilerlenen aşamalar Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma seçimi için akış şeması

3.1. Enerji Alımı

Sporcular için enerji alımının önemi, kısıtlaması ve enerji kullanılabilirliğine ait yapılmış çalışmaların özeti Tablo 2’de verilmiştir. Ağırlık kaybı hedeflenerek yapılan enerji kısıtlamasının vücut bileşimine ve güce etkisini belirlemek üzere kuvvet egzersizi yapan kadın sporcular üzerinde yapılmış bir çalışmada, kademeli ve ciddi enerji kısıtlaması uygulayan iki grupta vücut bileşimi ve kuvvet üzerinde benzer etkiler görülmüş, ancak kademeli enerji kısıtlamasının daha esnek olduğu için diyetle bağlılığı artırabileceği ve yağ kütlesini azaltmayı destekleyeceği göz önüne alındığında, tercih edilebileceği bildirilmiştir (Vargas-Molina ve ark. 2023).

Kadın dayanıklılık sporcularının DKE için yüksek riskli bir grup olarak kabul edildiği gerekçesiyle 2023 yılında yapılan bir çalışmada, 16 haftalık çevrimiçi ders ve kişisel spor merkezli beslenme danışmanlığından oluşan bir öğrenme programı uygulanmıştır. Yapılan eğitimin spor beslenme bilgisini geliştirdiği, DKE semptomları olan kadın dayanıklılık sporcularında spor beslenme davranışı için az, ama önemli bir gelişme sağladığı kanıtlanmıştır (Fahrenholtz ve ark. 2023). Erkeklerde düşük enerji alımı ve bunun performans üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılan bir çalışmada; erkeklerde düşük enerji alımının günlük 9-25kkal/kg olduğu durumlarda patlayıcı gücü ve dayanıklılığı azaltabileceği gösterilmiştir (Jurov, Keay, Rauntey, 2022) KE’nin önemi hem kadın hem erkek sporcuları kapsadığı için beslenme eğitiminin tüm sporcular üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalara gerek duyulduğu belirlenmiştir.

Ağırlık kaybı hedefleyen sporcular, öncelikli olarak diyetlerinde enerji kısıtlaması yaparlar. Ciddi enerji kısıtlaması; sporcuların antropometrik ölçümlerinde azalmaya ve spor performansı ile ilişkili bazı göstergelerde düşüşe neden olur (Vargas-Molina ve ark. 2023), (Jurov, Keay, Rauntey, 2022). Sporcularda DKE’ye katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesi ve önlenmesi için bütüncül ve kapsamlı değerlendirmeler gerekir (Jagim ve ark. 2022). Bu konuda yapılmış 2

sistemik derleme ve meta-analizinde, 56 çalışma incelenmiş ve 2 haftalık egzersiz periyodunda sporcuların performanslarındaki azalmanın kullanılabilir enerji alımının düşük olması ile ilişkili olabileceği, sonuçların çok fazla değişkenlik gösterdiği ve DKE'nin her zaman düşük performans ile ilişkilendirilemeyeceği gösterilmiştir (Kuikman, Coates, Burr, 2022). İkincisinde, ≥ 3 hafta boyunca enerji kısıtlaması yapılan randomize kontrollü çalışmalar analiz edilmiş, günlük yaklaşık 500kcal enerji açığının yağsız kütle kazanımını engellediği, yağsız kütle oluşturmak ve yağsız kütle için kuvvet egzersizi yapan sporcuların, uzun süreli enerji kısıtlamasından kaçınması gerektiği (günlük >500 kcal) sonucuna varılmıştır (Murphy ve Koehler, 2022).

Tablo 2. Enerji alımına ait çalışmaların yıllara göre özeti

Yazar/yıl	Örneklem	Müdahale	Sonuçlar
Molina ve ark. (2023)	Kuvvet egzersizi yapan kadın sporcular (n=14)	- Progresif enerji kısıtlaması (n=7) - Ciddi enerji kısıtlaması (n=7)	- Tüm gruplarda yağ kütlesi azaldı - Değişkenler arasında anlamlı bir fark bulunmadı
Fahrenholtz ve ark. (2023)	Aktif kadın sporcular (n=50)	- 16 haftalık beslenme danışmanlığı (n=32) - Kontrol grubu (n=18)	- Kontrol grubuna kıyasla, 7 günlük besin tüketim kaydı ve beslenme alışkanlıkları değerlendirmesinde 1. grupta kontrol grubuna kıyasla daha fazla gelişme sağlandı
Jurov ve ark. (2022)	Erkek dayanıklılık sporcuları (n=18)	1. aşama: Günlük enerji alımı hesaplaması 2. aşama: 1. aşamanın %25 azaltılmış alımı 3. aşama: 1. aşamanın %75 azaltılmış alımı	Aşamalar ilerledikçe; - Güç çıkışı, patlama gücü, laktat konsantrasyonu açısından daha düşük performans görüldü - Yeme davranışı ve sağlık durumu kötüleşti

3.2. Makrobesin öğeleri alımı

Müsabaka sporcularının egzersiz öncesi, sırası veya sonrası çeşitli diyetlerle karbonhidrat, protein veya yağ alımlarının sporcular üzerindeki etkilerini gösteren 23 çalışma, Tablo 3'te özetlenmiştir.

Karbonhidrat alımının dayanıklılık ve kuvvet sporcuları üzerindeki etkisini gözlemlemek için yapılan sistemik derlemede, 49 çalışma incelenmiştir. İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğu kısa ve uzun süreli olarak yüksek karbonhidrat alımının performansı önemli ölçüde iyileştirmediğini göstermiş, performans kapasitesinin artmasının karbonhidratlardan etkilenebileceği, ancak daha fazla izokalorik kontrol grubu ile yapılmış çalışmalara gereksinim olduğu sonucuna varılmıştır (Henselmans ve ark. 2022).

Karbonhidrat yüklemenin egzersiz performansına etkisi yapılan egzersizin türüne göre değişir. Michalcyk ve ark. (Michalcyk ve ark. 2019) dayanıklılık sporlarında düşük karbonhidrat alımının ardından 7 günlük karbonhidrat yükleme işleminin laktat seviyesini düşürdüğünü ve hormon düzeylerinde sağladığı iyileşmeler ile performansı olumlu etkileyebileceğini göstermiştir. Wilburn ve ark. (Wilburn ve ark. 2020) ise, kuvvet egzersizinde karbonhidrat yükleme işleminin performansı etkilememesine karşın, epinefrin ve serum glukozunda azalma, insülin konsantrasyonunda artma nedeniyle tercihen uygulanabileceğini, ancak 1 saatlik toparlanmanın ardından egzersiz performansını veya glikojen içeriğini artırmayacağını belirtmiştir. Karbonhidrat yükleme işleminin tüm sporcular için uygun olmadığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmalar, karbonhidrat yükleme işleminin egzersiz türünden bağımsız kan parametrelerinde değişiklikler

sağlayabileceğini, ancak bu değişikliklerin dayanıklılık sporlarında performansı olumlu etkilediği, kuvvet egzersizlerinde ise etkilemediğini göstermiştir.

Karbonhidrat alım zamanlaması ile ilgili bisikletçiler üzerine yapılan bir çalışmada; karbonhidrattan zengin bir kahvaltıyı takiben yapılan egzersize kıyasla, gece boyunca açlığın ardından yapılan egzersizin yağ oksidasyonunu artırdığı, ancak bunun performansa etkisi olmadığı görülmüştür (Rothschild ve ark. 2021). Başka bir çalışmada, orta şiddetli bir egzersiz öncesinde yüksek glisemik indeksli atıştırmalık barların tüketilmesine kıyasla, düşük glisemik indeksli barların tüketilmesinin, bir sonraki orta şiddetli egzersiz sırasında vücudun enerji kaynağı olarak karbonhidrat yerine yağı kullanmasını daha kolay hale getirdiği gösterilmiştir (Sun ve ark. 2013). Uzun süreli egzersiz sırasında glukozun tek başına alınması yerine fruktoz ya da sükroz ile alındığında, eksojen karbonhidrat oksidasyon oranını artırdığı bulunmuştur (Trommelen ve ark. 2017). Karbonhidrat alım zamanlaması için Metcalfe ve ark. (Metcalfe ve ark. 2021), kahvaltı öğününü atladıktan sonra akşam saatlerinde yüksek şiddetle yapılan dayanıklılık performansının olumsuz etkileneceğini, bunun için sabahın erken saatlerinde yüksek karbonhidratlı bir öğün tüketilebileceği sonucuna varmıştır. Egzersiz sonrasında günlük kas toparlanması için gereken karbonhidrat alım düzeyini belirlemek için yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, Japon sporcuların uzun süreli yüksek yoğunluklu bir egzersizi tamamladıktan 24 saat sonra kas glikojen depolarını geri kazanmak için günlük 5g/kg karbonhidrat alımının yetersiz olduğu görülmüştür (Namma-Motonaga ve ark. 2022). Bu çalışmalar; gece boyunca açlığı takiben yapılan egzersizin performansı etkilemediğini ve karbonhidrattan zengin bir kahvaltı öğününün akşam egzersizinde performansı destekleyebileceğini göstermiş, yüksek yoğunluklu egzersiz yapan sporcuların günde >5g/kg karbonhidrat alması gerektiğini ve glisemik indeks kavramının önemini vurgulamıştır.

Karbonhidrat ile ağız çalkalama yönteminin ergojenik destek olarak performansı artırabileceğine ait çalışmalar; karbonhidrat gargarasının tokluğa kıyasla açken performansı büyük ölçüde iyileştirdiğini ancak, bu yöntemin plaseboya göre ergojenik etkisi veya metabolik değişikliklere neden olmadığını göstermiştir. Sadece ağız çalkalama yerine bir karbonhidrat solüsyonu alımının insülini uyararak performansı artırdığı gösterilmiştir. Ağız çalkalama sayısına bakılmaksızın bu işlemin aralıklı egzersiz performansı için etkili bir ergojenik strateji olmadığı bulunmuştur (Lane ve ark. 2013), (Ali ve ark. 2016), (Nehme ve ark. 2022). Karbonhidrat solüsyonu ile ağız çalkalama yönteminin bir çalışmada performansı olumlu etkileyebileceği, iki çalışmada ise plaseboya kıyasla önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Karbonhidrat ile ağız çalkalama yönteminin ergojenik etkisini netleştirmek için daha fazla çalışma yapılması gereklidir.

Egzersiz öncesi makrobesin ögesi alımı için; bir karbonhidrat içeceğine protein eklenmesinin, koşu performansı ve ilgili metabolik değişkenler üzerinde etkisi olmadığı bulunmuştur (Lopes, ve ark. 2023). Sporcuların bazı durumlarda daha yüksek protein alımına gereksinim duyduğu bilinmesine karşın Roberts ve ark. (Roberts ve ark. 2017) günlük >2g/kg protein alımının ağır biyobelirteçleri ve kas hasarını iyileştirmediğini göstermiştir. Benzer şekilde, önerilenin iki katı protein alımının yorgunluk hissini azaltabileceği, ancak egzersiz sonrası toparlanmayı iyileştirmediği, daha yüksek insülin yanıtına neden olmakla birlikte, ertesi gün için egzersiz kapasitesini değiştirmediği bulunmuştur (Doering ve ark. 2017), (Kontro ve ark. 2021).

Antrenman sırası veya sonrasında kas glikojenini korumak ve yerine koymak için planlanan öğünlerde karbonhidrat ve proteinin birlikte alınmasının, egzersiz performansına etkilerini inceleyen sistematik bir derlemede; 31 makale incelenmiş ve karbonhidrat optimal oranlarda verildiğinde, protein eklenmesinin doğrudan

dayanıklılık performansını artırma etkisi olmadığı gösterilmiştir (McLellan, Pasiakos, Lieberman, 2014). Yapılan bir meta-analiz; protein desteklerinin kas gücü ve egzersiz performansını destekleyebileceğini, ancak gereksinimin üzerindeki alımın spor performansını iyileştirici bir etkisi olmadığını göstermiştir (Morton ve ark. 2018). Bu sistemantik incelemede gösterilen çalışmalar da benzer sonuçları desteklemektedir.

Nabuco ve ark. (Nabuco ve ark. 2018) egzersiz zamanlamasından bağımsız olarak whey proteini alımının plaseboya kıyasla kas protein sentezini uyardığını, dayanıklılık ve fonksiyonel kapasiteyi artırdığını göstermiştir. Whey proteini ve aminoasit karışımlarının kazein proteininden daha hızlı emildiği bilinmekte, ancak Fabre ve ark. (Fabre ve ark. 2017) yaptıkları çalışmada; daha hızlı sindirilen proteinlerin lösin konsantrasyonlarını daha hızlı artırdığını, ancak bu artışın uzun süreli kas adaptasyonunu desteklemediğini göstermiştir. Proteinlerin sindirilebilirliğindeki farklılıklar nedeniyle protein içeriğine göre alım zamanlaması da farklılık gösterir. Örneğin uykudan önce kazein alımının, gece uykusu sırasında miyofibriler protein sentez oranlarını artırdığı bilinir (Trommelen ve ark. 2023). Yapılan bir çalışmada, uyku öncesi protein alımının egzersiz sonrası gece boyunca toparlanma sırasında hem mitokondriyal hem de miyofibriller protein sentezi oranlarını artırdığı, ancak whey ve kazein proteini arasında gece boyunca kas proteini sentetik tepkisi yönünden farklılık olmadığı görülmüştür (Trommelen ve ark. 2023). Alınan farklı protein içeriklerinin enerji harcamasını etkilediği düşünülür. Örneğin; Madzima ve ark. (Madzima ve ark. 2014) erkeklerde, uykudan 30 dakika önce tüketilen whey ve kazein proteini veya karbonhidratın plaseboya kıyasla sabah dinlenme enerji harcamasını (DEH) artırdığını belirlerken, bunun aksine Leyh ve ark. (Leyh ve ark. 2018) aktif kadınların gece tüketilen kaliteli protein kaynağı olan beyaz peynir ve kazein proteini alımlarını kıyasladığında, sabah DEH'in değişmediğini bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmalar, farklı protein kaynaklarının sindirilebilirliği ve esansiyel aminoasit içeriklerinin farklı olduğunu, bunun da kas protein sentezini farklı oranlarda etkilediğini göstermiştir.

Günümüzde, beslenme stratejisi olarak günlük yağ alımının artırılıp, karbonhidrat alımının azaltılmasının sporcunun performansı üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar önem kazanmıştır. Bir çalışmada; yüksek yağ ve düşük karbonhidratlı bir diyetin, elit yürüyüşçülerindeki üç haftalık etkisi değerlendirilmiş ve performansı olumsuz etkilediği görülmüştür (Burke ve ark. 2017). Günlük 50 g'ın altında karbonhidrat içeren yüksek yağlı ketojenik diyetin, sporcunun performansına etkisi değerlendirildiğinde, özellikle yüksek yoğunluklu ve kısa süreli egzersiz yapan sporcularda egzersiz performansını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür (Wroble ve ark. 2019). Murakami ve ark. (Murakami ve ark. 2012) egzersiz öncesi dönemde tüketilen öğünlerin makrobesin ögesi içeriğini incelediğinde, 3 günlük yüksek karbonhidratlı bir diyeti takiben egzersiz öncesi yüksek yağlı bir öğünün dayanıklılık egzersizlerinde performansı destekleyebileceğini göstermiştir. Doymamış yağ asitlerinin sporcular üzerindeki yararlı etkileri göz önünde bulundurarak Esquius ve ark. (Esquius ve ark. 2020) yaptıkları çalışmada, egzersizden 2 saat önce badem verilmesinin dayanıklılık egzersizindeki performansı artırabileceğini bulmuştur.

Yapılan on farklı çalışmanın bir araya getirildiği sistemantik bir meta-analiz çalışmasında bu tür diyetlerin; VO₂ maks, efor derecesi, tükenme süresi, aerobik kapasite ve egzersiz performansı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı ortaya konmuş, ayrıca solunum hızı değişikliklerinin substrat oksidasyonu ile önemli bir ilişkisi olduğu gösterilmiştir (Cao ve ark. 2021). Bu sistemantik incelemede seçilen çalışmalar, yüksek yağlı düşük karbonhidratlı diyetlerin yağ oksidasyonunu artırarak vücut ağırlık kaybını desteklediği, ancak egzersiz performansını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bu sonuçlar, spor performansı açısından yüksek yağlı diyetlerin yüksek karbonhidratlı diyetlerden üstün olmadığını desteklemektedir.

Tablo 3. Sporcuların makrobesin ögesi alımlarının performansa etkisine ait çalışmaların yıllara göre özeti

Yazar/yıl	Örneklem	Müdahale	Sonuçlar
KARBONHİDRATLAR			
Motanaga ve ark. (2022)	Egzersiz yapan erkekler (n=8)	Uzun süreli yüksek şiddetli egzersiz sonrası öğün içeriği; 5g/kg, 7g/kg ve 10g/kg KH	Egzersiz sonrası azalan kas glikojen konsantrasyonu; - Geri kazanım; 24 saat sonra 7g/kg ve 10g/kg KH grubunda gerçekleşti, 5g/kg KH grubundan anlamlı ölçüde farklı
Nehme ve ark. (2022)	Erkek futbolcular (n=12)	8 seri ağız çalkalama ile aralıklı egzersiz; - Plasebo (kalorisiz meyve suyu) - 7 plasebo + 1 KH solüsyonu ile ağız çalkalama - 8 KH solüsyonu	- Tek ya da seri KH ile ağız çalkalamada aralıklı egzersiz performansında seanslar arasında fark yok
Rothschild ve ark. (2021)	Antrenmanlı erkek bisikletçiler (n=17)	1. grup: KH zengin öğün 2. grup: Protein zengin öğün 3. grup: Su (plasebo)	- Yağ oksidasyonu; gece açlığı ardından yapılan egzersizde, KH zengin kahvaltı ardından yapılan egzersizden fazla - Gruplar arasında algılanan efor ve performans arasında fark yok
Metcalf ve ark. (2021)	Elit bisikletçiler (n=11)	1. grup: KH zengin kahvaltı+ öğle yemeği 2. grup: Saat 12'ye kadar açlık ardından yemek	Akşam yapılan 20 km'lik zaman denemesinde güç, 2. grupta %3 daha düşük
Wilburn ve ark. (2020)	Kuvvet antrenmanlı erkekler (n=10)	3 saatlik açlık sonrası yapılan egzersiz öncesi 2g/kg MD alımı	- Kuvvet egzersiz performansına etkisi yok - Epinefrin ve serum glukozu azaldı, insülin düzeyi yükseldi
Michalczyk ve ark. (2019)	Erkek futbolcular (n=15)	4 haftalık düşük KH'lı diyeti takiben 7 günlük KH yüklemesi	- Düşük KH'lı diyet ile; toplam iş, dinlenme kan pH değeri, kan laktat düzeyi, insülin düzeyi azaldı - Testosteron, büyüme hormonu düzeyi yükseldi
Trommellen ve ark. (2017)	Antrenmanlı erkek bisikletçiler (n=10)	%50 VO ₂ maks'ta 180 dk 3 farklı bisiklet egzersizi 1. Glukoz 2. Glukoz + fruktoz 3. Glukoz + sükroz çözeltileri	VO ₂ maks KH oksidasyonunda; - 2. ve 3. grup arasında farklılık yok - 1. grup >2. grup - 1. grup >3. grup
Ali ve ark. (2016)	Erkek bisikletçiler (n=9)	Düşük KH'lı öğün ve gece boyu açlık ardından 60 dk egzersiz ile; - %15 KH gargara - %7.5 KH solüsyonu - Plasebo gargara - Plasebo solüsyonu	- Güç, KH alımı ile anlamlı ölçüde etkili - Ağız çalkalama ve plasebo grupları arasında fark yok - Plazma glukoz, insülin ve laktat konsantrasyonları KH alımında diğer gruplardan yüksek
Sun ve ark. (2013)	Erkek bisikletçiler (n=14)	Egzersiz öncesi izokalorik atıştırılabilir bar; - Düşük GI - Yüksek GI	Yüksek GI'e kıyasla düşük GI; - Daha yüksek yağ oksidasyonu - Daha düşük KH oksidasyonu
Lane ve ark. (2013)	Erkek bisiklet yarışmacıları (n=12)	KH içeren yemekten 2 saat sonra ve 2 gece açlık sonrası yapılan 2 müdahale; - %10'luk MD çözeltisi ve plasebo grubu	- Her 2 müdahale için de KH ile ağız çalkalamanın güç üzerinde anlamlı etkisi var - Tokluğa kıyasla gece boyu açlık sonrası güce etkisi büyük
PROTEİNLER			
Lopes ve ark. (2023)	Orta mesafe koşucular (n=10)	10 saatlik açlığın ardından koşu bandı egzersizinden 30 dk önce; - KH +Protein (0.75+ 0.25g/kg) - KH (1g/kg) - Plasebo	- KH + protein için solunum değişim oranı, kalp atım hızı, serbest yağ asitleri, kan laktat konsantrasyonları, gastrointestinal rahatsızlık ve algılanan efor oranı için anlamlı fark yok - KH + protein; kan glukozunu düşürmeye ve insülin düzeyini artırmaya eğilim

Trommellen ve ark. (2023)	Dayanıklılık egzersizi yapan genç erkekler (n=36)	Dayanıklılık egzersizi sonrası uykudan 30 dk önce; - 45g KP - 45g WP - Plasebo	- Protein alımı, daha yüksek mitokondriyal ve miyofibriller kas protein sentezi ile sonuçlandı - WP ve KP arasında anlamlı bir fark yok
Kontro ve ark. (2021)	Antrenmanlı erkek bisikletçiler (n=12)	2'şer günlük 3 seans egzersizin ardından; - KH içeceği - KH içeceği+ WP konsantresi - KH içeceği +WP hidrolizati	- 30 dk'lik egzersiz performansı gruplar arasında farklı değil - Egzersiz sonrasında glukoz atılımında anlamlı bir fark yok, ancak insülin yanıtı sadece KH içeceği alan grupta daha düşük
Leyh ve ark. (2018)	Aktif kadınlar (n=10)	Uyku öncesi; - Peynir (30g protein, 10g KH) - Enerji ve protein uyumlu sıvı KP - Plasebo	- Subjektif iştah ölçümleri arasında fark yok - DEH'deki değişim peynir tüketiminde, kazein veya plasebodan farklı değil
Nabuco ve ark. (2018)	Kuvvet egzersizi yaptırılan >60 yaş kadınlar (n=70)	- Kuvvet egzersizi öncesi whey, sonrası plasebo, - Kuvvet egzersizi öncesi plasebo, sonrası whey, - Kuvvet egzersizi öncesi ve sonrası plasebo	- İskelet kası ağırlığı, plaseboya kıyasla whey alan gruplarda daha yüksek artış (egzersiz öncesi whey %3.4, sonrası whey %4.2, sadece plasebo %2) gösterdi - Dayanıklılık ve 10 m yürüme testi sonuçları whey alan gruplarda plaseboya kıyasla daha yüksek artış gösterdi
Roberts ve ark. (2017)	Kuvvet egzersizi yapan sporcular (6 kadın, 8 erkek)	- 1.8g/kg protein - 2.9g/kg protein Müdahalenin 8-10. günlerinde kuvvet egzersizinden 30 dk önce ve sonra 0.4g/kg WP	10 günlük izokalorik diyet, 2.9g/kg proteinli diyet 1.8g/kg'a kıyasla kas hasarı ve ağırlığı iyileştirmede
Doering ve ark. (2017)	Elit triatletler (n=8)	30 dk koşu ardından 8 saatlik toparlanma sürecinde 2 saatlik aralıklarla 3 bolus beslenme; - Orta düzey protein (0.3g/kg bolus) -Yüksek düzey protein (0.6g/kg bolus)	- Toparlanma için yüksek ile orta düzey protein alımı arasında anlamlı bir fark yok - Toparlanma süresince yüksek protein algılanan yorgunluğun uzamasını destekledi, ancak performansı değiştirmede
Fabre ve ark. (2017)	Kuvvet antrenmanlı erkekler (n=31)	9 haftalık kuvvet antrenmanı süresince 20g protein; - 1. grup: %100 hızlı çözünen (whey, kazein dahil proteinler) - 2. grup: %50 hızlı, %50 yavaş (kazein) çözünen - 3. grup: %20 hızlı, %80 yavaş (kazein) çözünen	- 3. gruba kıyasla 1. ve 2. grupta daha yüksek lösin biyoyararlanımı - Yağsız vücut ağırlığı, dinamik ve izometrik kas gücü ölçümlerinde gruplar arasında anlamlı bir fark yok
Madzima ve ark. (2014)	Aktif erkekler (n=11)	Uykudan 30 dk önce tek doz; - 30g WP, 30g KP, 30g KH veya plasebo	- İştah açısından anlamlı bir fark yok - WP, KP, KH tüketiminden sonra tahmin edilen DEH plasebodan fazla ve WP ve KP arasında anlamlı bir fark yok
YAĞLAR			
Esquius ve ark. (2020)	Aktif erkek bisikletçiler (n=5)	7-19 gün aralıklarla yapılan 2 bisiklet egzersizinden 2 saat önce - Badem alımı ve plasebo grubu olarak ayrıldı	Badem alan grupta; - Esterlenmemiş yağ asidi değerinde anlamlı artış - Egzersiz performansında anlamlı artış
Wroble ve ark. (2019)	Erkek ve kadınlar (n=16)	4 gün süresince; - Düşük KH ketojenik diyet - Yüksek KH'lı diyet	- Düşük KH diyetinde sırasıyla %7 ve %6 daha düşük zirve gücü ve ortalama güç - Aralıklı toparlanma testinde koşulan mesafe düşük ve KH diyetinde %15 daha az

Burke ve ark. (2017)	Elit müsabaka yürüyüşçüleri (n=29)	- Yüksek KH - Düşük ve yüksek KH alımı arasında periyodik geçiş - Düşük KH, yüksek yağ	- 3 haftalık antrenman ile VO ₂ maks tüm gruplarda arttı - Sürekli ve periyodik KH diyetine kıyasla ketojenik yüksek yağlı diyetle yağ oksidasyon oranı arttı, ancak performans olumsuz etkilendi
Murakami ve ark. (2012)	Erkek uzun mesafe koşucuları (n=8)	3 gün boyunca KH'lı diyeti takiben, egzersizden 4 saat önce; - Yüksek yağlı yemek +testten önce MD veya plasebo - Yüksek KH'lı yemek + testten önce plasebo	- Tükenmeye kadar geçen süre yüksek yağ + MD grubunda diğer gruplara göre daha yüksek - Yağ oksidasyon miktarı yüksek yağlı gruplarda, yüksek KH'lı gruptan daha yüksek

KH: Karbonhidrat MD: Maltodekstrin Gİ: Glisemik İndeks WP: Whey Proteini KP: Kazein Proteini,

DEH: Dinlenme Enerji Harcaması

3.3. Mikrobesein Ögeleri Alımı

Vitamin ve mineralleri içeren mikrobesein ögelerinin diyetle veya besin desteği olarak alınmasının sporcunun performansı üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların özeti Tablo 4'te verilmiştir. D vitamininin iskelet kası için önemi konusunda yapılan bir araştırma, 6 haftalık 20.000 veya 40.000 IU D₃ vitamini desteğinin, serum 25[OH]D konsantrasyonlarını 50 nmol/L'nin üzerine çıkarabildiğini, ancak 12 hafta boyunca verilen hiçbir dozun performans ölçümlerini iyileştirmede göstermiştir (Close ve ark. 2013). D vitamini eksiklikleri sadece sporcularda değil, tüm yetişkinler için önemsenmelidir. Artan D vitamini konsantrasyonlarının, kas gücü ve spor performansına etkilerini değerlendiren sistemantik derlemelerden ilk ikisi D₃ vitamininin; kas gücü, kas ağrısı ve oksidatif stres üzerinde potansiyel olumlu bir etkisi olduğunu, D vitamini desteğinin kas gücünü önemli ölçüde (%1.37-18.75) iyileştirebileceğini, ancak bu etkilerin yeni araştırmalarla doğrulanması gerektiğini belirtmiştir (Farrokhyar ve ark. 2017), (Rojanto-Ortega, Berral-de la Rosa, 2023). Bu derlemenin bulgularını destekleyecek şekilde sistemantik bir derlemede; D vitamini desteği ile ≥ 3000 IU alım düzeyine ulaşan sporcularda performansın önemli ölçüde iyileşmediği gösterilmiştir (Chiang ve ark. 2017).

Antioksidan vitamin olan C ve E vitamin desteklerinin, üst vücut gücünü ve kuvvet antrenmanına hipertrofi adaptasyonlarını zayıflattığı görülse de enerji alımı fazlalığına bağlı visseral yağ dokusundaki kazanımları da azaltabileceği bulunmuştur (Martinez-Ferrán ve ark. 2018). Başka bir çalışma, antioksidan açısından zengin besin alımını iki katına çıkarmanın iyi tolere edildiğini ve elit dayanıklılık sporcularında yükselti antrenmanına adaptif yanıtı olumsuz etkilemediğini göstermiştir (Koivisto ve ark. 2018). E ve C vitaminini de içeren antioksidan destekler, egzersiz sırasında artan oksidatif stresi azaltabileceği gerekçesiyle spor performansını artırmak için kullanılabilir (Higgins, Izadi, Kaviani, 2020). Bu derlemenin bulgularında incelenen 2 çalışma ise, antioksidan desteklerin egzersiz performansını önemli ölçüde artırmadığını göstermiştir. Bu konuda daha yüksek örneklem grubunda yapılmış çalışmalara gerek duyulmaktadır.

Demir mineralinin özellikle kadın sporcularda kan parametreleri ve spor performansındaki önemi düşünülerek yapılan bir çalışmada; oral demir desteğinin, müsabaka döneminde kadın voleybolcularda demir kaybını önlediği ve gücü artırdığı saptanmıştır (Mielgo-Ayuso ve ark. 2015). Egzersiz öncesi 3 gün boyunca diyet sodyum alımını değiştirmenin ter sodyum konsantrasyonu, kardiyovasküler ve termoregülatör değişkenler üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan çalışmada; yüksek sodyum alımının rektal sıcaklığı artırdığı, ancak sıcak ortam koşullarında

orta yoğunlukta egzersiz sırasında algılanan efor üzerinde hiçbir etkisi olmadığı bulunmuştur (McCubbin ve ark. 2019).

Özellikle; demir, kalsiyum ve sodyum minerallerinin gerekliliği düşünüldüğünde; beslenme ile yeterli alımın sağlanması, egzersiz sonrası mineral kayıplarının yerine konması önemsenmelidir. Sporcular, spor diyetisyenleri tarafından yeterli, dengeli ve çeşitli bir diyet ile yeterli mikro besin ögesi alımının sağlanması için yönlendirilmelidir (Sims ve ark. 2023), (Beck ve ark. 2021).

Tablo 4. Sporcuların mikrobesein ögesi alımlarının performansa etkisine ait çalışmaların yıllara göre özeti

Yazar/yıl	Örneklem	Müdahale	Sonuçlar
Ferran ve ark. (2023)	Kuvvet antrenmanlı erkekler (n=23)	Diyet müdahalesi (300kkal fazla ve yeterli protein alımı) ile; - Günlük C ve E vitamini desteği - Plasebo	- Plasebo grubunda el kavrama gücü arttı - Üst vücut yağsız kütle dokusu 2 grupta da değişmedi - Plasebo grubunda visceral doku arttı
McCubbin ve ark. (2019)	Erkek sporcular 8 bisikletçi, 7 dayanıklılık sporcusu	- Düşük günlük diyet sodyum alımı (15mg/kg) - Yüksek günlük diyet sodyum alımı (100mg/kg) - Normal serbest diyet (46mg/kg sodyum)	- Egzersiz öncesi toplam vücut suyu yüksek sodyum diyetinde daha yüksek, ancak normal diyetten fazla değil - Normal diyet sonrası tüm vücut toplam sodyumu, düşük sodyum diyetinden %10-11 yüksek, yüksek sodyum diyetinden %10-12 daha düşük
Koivisto ve ark. (2018)	Dayanıklılık sporcuları (n=31)	3 haftalık antrenman sırasında; - Antioksidan yönünden zengin besinler - Ökalojik kontrol diyeti	- Hb konsantrasyonu antioksidan grubunda daha fazla arttı - Hb kütlesi, VO ₂ maks yüzme performansı açısından gruplar arasında anlamlı bir fark görülmedi
Ayuso ve ark. (2015)	Kadın voleybolcular (n=22)	- Demir desteği alan grup (11 haftalık günde 325mg demir sülfat desteği) - Kontrol grubu	- 11. haftanın sonunda demir desteği grubunda; performans ile ilgili bazı ölçümler, serum demir, ferritin, transferrin ve Hb değerleri plasebodan yüksek
Close ve ark. (2013)	Kulüp düzeyinde sporcular (n=30)	12 hafta boyunca; - Plasebo - 20000IU D vitamini oral D ₃ vitamini - 40000IU D vitamini oral D ₃ vitamini	- 6. ve 12. haftalardaki ölçümlerin sonunda D ₃ vitamini desteği gruplarında serum D vitamini konsantrasyonları arttı - Artan serum D vitamini konsantrasyonları spor performansını değiştirmede

Hb: Hemoglobin

3.4 Beslenmenin Periyotlanması

Karbonhidrat alımının yakıt sağlama ve yaklaşan müsabaka döneminin belirli hedeflerine göre günden güne ve öğünden öğüne ayarlandığı “Karbonhidrat Periyodizasyonu” kavramı önemlidir (Anderson ve ark. 2022). Beslenmenin periyotlanmasında, karbonhidrat alım düzeyleri değişiklik gösterir. Toparlanma döneminde düşük karbonhidrat kullanılabilirliğini desteklemek için egzersiz sonrası ve sonrasında sınırlı veya çok düşük karbonhidrat alımı, egzersizden sonra kas glikojen depolarının daha hızlı yenilenmesi için egzersiz öncesi yüksek karbonhidrat alımı, gastrointestinal sorunları ortadan kaldırmak için kademeli olarak günlük karbonhidrat alımında artış uygulanan yöntemlerdendir (Jeukendrup, 2017a).

Geleneksel doğrusal antrenman periyodizasyonunda, dört haftalık yüksek hacimli antrenman ardından dört haftalık yüksek yoğunluklu antrenman ve iki haftalık kademeli azaltma uygulanırken, ters antrenman periyotlama modelinde ise sporcular, antrenman hazırlıklarına yüksek şiddetli ve düşük hacimli antrenmanlarla başlayarak, ilerleyen antrenman dönemlerinde kademeli olarak

yoğunluğu azaltıp hacmi artırır veya sporun türüne göre yoğunluğu koruyup hacmi artırır (Arroyo-Toled ve ark. 2013).

Triatlon sporcuları üzerinde yapılmış bir analizde; geleneksel ve ters periyodizasyonun etkileri incelenmiş ve ters periyodizasyonun yatay atlama performansını daha etkili bir şekilde artırdığı, ayrıca koşu biyomekanik, performans ve fizyolojik değişkenlerini, yüzme teknik yeteneğini, aerobik ve anaerobik yüzme performansını geliştirebileceği gösterilmiştir (Clemente-Suárez VJ, Ramos-Campo, 2019).

Ters periyodizasyonun spor performansına etkilerini incelemek üzere 2022 yılında yapılmış bir sistematik derlemede; yüzme, koşu, kas dayanıklılığı, maksimum güç veya maksimum oksijen alımında diğer periyodizasyon yöntemlerine göre performans iyileşmesi sağlamadığı görülmüştür (González-Ravé ve ark. 2022). Farklı yoğunluk gerektiren müsabakalarda enerji ve besin ögesi alımları da farklı olmalı, müsabaka yoğunluğu arttıkça karbonhidrat alımı da artırılmalıdır. Düşük yoğunluktaki antrenman, yüksek rekabet ve uyku kalitesi gibi dönemlere dayalı olarak karbonhidrat alımı periyodize edilmelidir (Fernandes, 2020). Bu bağlamda, en iyi periyodizasyon yöntemini belirlemek için farklı hacim ve yoğunluklarda ve farklı beslenme yöntemleri ile yapılmış antrenmanların karşılaştırılması gereklidir.

Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu sistematik incelemede; sporcuların enerji (kullanılabilir enerji), karbonhidrat (beslenmenin periyotlanması, egzersiz öncesi, sırası, sonrası gereksinimi, alım zamanlaması, karbonhidrat yüklemesi ve türü), protein (egzersiz öncesi, sırası, sonrası gereksinimi, alımı ve türü), yağ, vitamin ve mineral alımları gibi sporcular, spor diyetisyenleri ve klinisyenler için gündemde olan konular incelenmiştir. Bu sistematik inceleme, enerji ve besin ögesi alımlarının sporcular üzerindeki etkilerinin genel bir değerlendirmesini sunmakta, ancak bazı sınırlılıklar içermektedir. Bu sınırlılıklar;

- ✓ Derlemenin ana hedefi doğrultusunda tüm çalışmaların kapsamlı bir analizini sunmak zor olduğundan kaynaklar ve veri seçimi sınırlı tutulmuştur,
- ✓ Çalışma seçimlerinde; metodolojik farklılıklar, örneklemin küçük bir gruptan oluşması, farklı istatistiksel yöntemlerin kullanılması gibi durumlar çalışmaların sonuçlarını karşılaştırmakta zorluklara neden olmuştur,
- ✓ Yapılan çalışmalarda yanlılık riski, sporcular üzerindeki gerçek etkileri değerlendirmek için sınırlılık oluşturmuştur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sporcuların enerji ve besin ögesi gereksinimleri, doğru besin ögesi seçimleri ile antrenman veya müsabaka dönemlerine göre periyotlanarak yeterli ve gerekli alımın sağlanması spor performansı için önemlidir. Bu sistematik inceleme; sporcular, spor diyetisyenleri ve klinisyenler için güncel konuların bir arada sunulmasıyla bilimsel bir rehber niteliğindedir ve bu konuda yapılacak çalışmaların ileriye taşınmasına katkıda bulunacaktır.

Anahtar Mesajlar:

- ✓ Egzersiz süresi ve yoğunluğu arttıkça, sporcuların enerji gereksinimi artar. Enerji harcamasının artmasına karşı düşük enerji alımının sporcular üzerinde çeşitli fizyolojik sorunlara yol açmaması için sporcuların spor dalına göre yeterli enerjiyi aldıklarından emin olunmalıdır.
- ✓ Sporcular için karbonhidratlar en önemli besin öğelerindedir. Spor performansını etkilediği için beslenme periyodizasyonunun sağlanmalıdır. Karbonhidrat yükleme işlemi, egzersiz öncesi, sırası ve sonrası önerilen alım

sağlanmalı, karbonhidrat ve proteinlerin alım zamanlaması dikkate alınmalıdır.

- ✓ Karbonhidrat ile ağız çalkalama yönteminin performans açısından ergojenik bir destek olabileceği düşünülse de bunu netleştirmek için daha fazla çalışma yapılmalıdır.
- ✓ Kuvvet sporlarında protein gereksinimi dayanıklılık sporlarından daha fazladır, ancak yüksek miktarda protein alımının kas oluşumu ve spor performansını desteklese de önerilenin üzerindeki protein alımının spor performansını etkilemediği bilinmelidir.
- ✓ Besinlerin içerdiği proteinlerin sindirilebilirlik ve esansiyel aminoasit içeriği farklılık gösterir. Whey (hızlı sindirilen) ve kazein (yavaş sindirilen) proteini kaliteli protein kaynaklarıdır. Egzersizden sonra tek başına veya karbonhidrat ile alımı, kas gelişimi için faydalı olabilir.
- ✓ Yüksek yağlı diyetler, yağ oksidasyonunu artırarak ağırlık kaybını destekleyebilir, ancak spor performansı üzerindeki etkileri belirsizdir.
- ✓ Diyetin doymamış yağ içeriğinin daha yüksek, doymuş yağ içeriğinin daha düşük olması önerilir.
- ✓ Sporcuların vitamin ve mineral gereksinimleri, besin desteklerine başvurmadan çeşitli, yeterli ve dengeli beslenme ile karşılanabilir.
- ✓ D vitamini, antioksidan vitaminler, demir, kalsiyum, sodyum, magnezyum gibi sporcular için önemli besin desteklerinin alımı, genel sağlık için yararlı olsa da spor performansı üzerine etkilerini belirlemek için daha fazla araştırma yapılmalıdır.
- ✓ Antrenman hacmi ve yoğunluğunun sezon boyunca değişeceği göz önüne alındığında, enerji ve makrobesin ögesi alımının antrenman ve müsabaka dönemlerine uyum sağlayacak şekilde periyodizasyonu sağlanmalıdır.

5. ÇIKAR ÇATIŞMASI VE ETİK KURUL ONAY

Çıkar çatışması: *Yazarlar tarafından çıkar çatışması olmadığı bildirilmiştir.*

Finansal destek: *Yazarlar tarafından finansal destek olmadığı bildirilmiştir.*

Etik Kurul Onayı: *Bu çalışmada Etik kurulu raporuna gerek duyulmamıştır.*

6. KAYNAKÇA

Ali A, Yoo MJ, Moss C, Breier BH. (2016). Carbohydrate mouth rinsing has no effect on power output during cycling in a glycogen-reduced state. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 23(13), 19-28.

Anderson L, Drust B, Close GL Morton JP. (2022). Physical loading in professional soccer players: implications for contemporary guidelines to encompass carbohydrate periodization. *Journal of Sports Sciences*, 40(9), 1000-1019.

Arroyo-Toled JJ, Clemente VJ, Gonzalez-Rave JM, Ramos Campo DJ, Sortwell A. (2013). Comparison between traditional and reverse periodization: Swimming performance and specific strength values. *International Journal of Swimming. Kinetic*, 2(1):87-96.

Beck KL, von Hurst PR O'Brien WJ, Badenhorst CE. (2021). Micronutrients and athletic performance: a review. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 158, 112618.

Børsheim E, Tipton KD, Wolf SE, Wolfe RR. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 283(4), E648-E657.

Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(1), 17-27.

Burke LM, Ross ML, Garvican-Lewis LA, Welvaert M, Heikura IA, Forbes SG. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2785–2807.

Bytomski JR. (2018). Fueling for performance. *Sports Health*, 10(1), 47–53.

Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB, Taft TN, Anderson JJ. (2009). Athletic performance and vitamin D. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(5), 1102–1110.

Cao J, Lei S, Wang X, Cheng S. (2021). The effect of a ketogenic low-carbohydrate, high-fat diet on aerobic capacity and exercise performance in endurance athletes: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 13(8), 2896–2911.

Castiglioni S. (2021). Editorial of special issue "magnesium in human health and disease". *Nutrients*, 13(8), 2490–2494.

Chen YT, Tenforde AS, Fredericson M. (2012). Update on stress fractures in female athletes: epidemiology, treatment, and prevention. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 6:173–181.

Chiang CM, Ismaeel A, Griffis RB, Weems S. (2017). Effects of vitamin D supplementation on muscle strength in athletes: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 566–574.

Clemente-Suárez VJ, Ramos-Campo, DJ. (2019). Effectiveness of Reverse vs. traditional linear training periodization in triathlon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 2807–2819.

Close GL, Leckey J, Patterson M, Bradley W, Owens DJ, Fraser WD, Morton JP. (2013). The effects of vitamin D(3) supplementation on serum total 25[OH]D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(11), 692–696.

Cox PJ, Kirk T, Ashmore T, Willerton K, Evans, Smith A,...,Clarke K. (2016). Nutritional ketosis alters fuel preference and thereby endurance performance in athletes. *Cell Metabolism*, 24(2), 256–268.

Daries H. (2012). Nutrition for sport and exercise: a practical guide. John Wiley & Sons.

De Souza MJ, Toombs RJ, Scheid JL, O'Donnell E, West SL, Williams NL. (2010). High prevalence of subtle and severe menstrual disturbances in exercising women: confirmation using daily hormone measures. *Hum Reprod*, 25:491–503.

Doering TM, Reaburn PR, Borges NR, Cox GR, Jenkins DG. (2017). The effect of higher than recommended protein feedings post-exercise on recovery following downhill running in masters triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(1), 76–82.

Esquius L, Segura R, Oviedo GR, Massip-Salcedo M, Javierre C. (2020). Effect of almond supplementation on non-esterified fatty acid values and exercise performance. *Nutrients*, 12(3), 635–646.

Fabre M, Hausswirth C, Tiollier E, Molle O, Louis J, Durguerian A,... Bigard X. (2017). Effects of postexercise protein intake on muscle mass and strength during resistance training: is there an optimal ratio between fast and slow proteins? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(5), 448–457.

Fahrenholtz IL, Melin AK, Garthe I, Hollekim-Strand SM, Ivarsson A, Koehler K,...,Bigard X. (2023). Effects of a 16-week digital intervention on sports nutrition knowledge and behavior in female endurance athletes with risk of relative energy deficiency in sport (REDs). *Nutrients*, 15(5), 1082–1101.

Farnfield MM, Breen L, Carey KA, Garnham A, Cameron-Smith D. (2012). Activation of mTOR signalling in young and old human skeletal muscle in response to combined resistance exercise and whey protein ingestion. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(1), 21–30.

Farrokhhyar F, Sivakumar G, Savage K, Koziarz A, Jamshidi S, Ayeni OR,..., Bhandari M. (2017). Effects of vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical performance in athletes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(11), 2323–2339.

Fernandes HS. (2020). Carbohydrate consumption and periodization strategies applied to elite soccer players. *Current Nutrition Reports*, 9(4), 414–419.

González-Ravé JM, González-Mohino F, Rodrigo-Carranza V, Pyne DB. (2022). Reverse periodization for improving sports performance: A systematic review. *Sports Medicine* 8(1), 56–69.

Grozenski A, Kiel J. (2020). Basic nutrition for sports participation, part 2: vitamins and minerals. *Current Sports Medicine Reports*, 19(12), 508–510.

Güney M, Ersoy G. (2020). Sporcularda yeme bozuklukları: semptomları, tedavisi ve önlenmesi. *Spor ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 44-56.

Hall KD, Heymsfield SB, Kemnitz JW, Klein S, Schoeller DA, Speakman JR. (2012). Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 95(4), 989-994.

Hartmann H, Wirth K, Keiner M, Mickel C, Sander A, Szilvas E. (2015). Short-term periodization models: effects on strength and speed-strength performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(10), 1373–1386.

Heffernan SM, Horner K, De Vito G, Conway GE. (2019). The role of mineral and trace element supplementation in exercise and athletic performance: a systematic review. *Nutrients*, 11(3), 696-727.

Henselmans M, Bjørnsen T, Hedderman R, Vårvik FT. (2022). The effect of carbohydrate intake on strength and resistance training performance: a systematic review. *Nutrients*, 14(4), 856-894.

Higgins MR, Izadi A, Kaviani M. (2020). Antioxidants and exercise performance: with a focus on vitamin E and C supplementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8452-8476.

Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. (2012). Energy balance and obesity. *Circulation*, 126(1), 126-132.

Hind K, Truscott JG, Evans JA. (2006). Low lumbar spine bone mineral density in both male and female endurance runners. *Bone*, 39:880–885.

Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM,.... Antonio J. (2017). International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(14), 20-44.

Jagim AR, Fields J, Magee MK, Kerksick CM Jones MT. (2022). Contributing factors to low energy availability in female athletes: a narrative review of energy availability, training demands, nutrition barriers, body image, and disordered eating. *Nutrients*, 14(5), 986-1011.

Jeukendrup AE, Jentjens RL, & Moseley L. (2005). Nutritional considerations in triathlon. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(2), 163–181.

Jeukendrup AE. (2013). Oral carbohydrate rinse: placebo or beneficial? *Current Sports Medicine Reports*, 12(4), 222–227.

Jeukendrup AE. (2017). Periodized nutrition for athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(1), 51–63.

Jeukendrup AE. (2017). Training the gut for athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(1), 101–110.

Jurov I, Keay N, Rauter S. (2022). Reducing energy availability in male endurance athletes: a randomized trial with a three-step energy reduction. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 179–195.

Kerksick C, Harvey T, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R,... Antonio J. (2008). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 3(5), 17-29.

Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout, JR, Campbell B, Wilborn CD,... Antonio J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 29(14), 33-58.

Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R,... Kreider RB. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38-94.

Koivisto AE, Paulsen G, Paur I, Garthe I, Tønnessen E, Raastad T,... Bohn SB. (2018). Antioxidant-rich foods and response to altitude training: a randomized controlled trial in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine, Science in Sports*, 28(9), 1982–1995.

Kontro H, Koziar M, Whelehan G, Amigo-Benavent M, Norton C, Carson BP, Jakeman P. (2021). Carbohydrate and protein co-ingestion postexercise does not improve next-day performance in trained cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(6), 466–474.

Kuikman MA, Coates AM Burr JF. (2022). Markers of low energy availability in overreached athletes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(12), 2925–2941.

Lane SC, Bird SR, Burke LM, Hawley JA. (2013). Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(2), 134–139.

Leyh SM, Willingham BD, Baur DA, Panton LB, Ormsbee MJ. (2018). Pre-sleep protein in casein supplement or whole-food form has no impact on resting energy expenditure or hunger in women. *The British Journal of Nutrition*, 120(9), 988–994.

Li K, Wang XF, Li DY, Chen YC, Zhao LJ, Liu XG,... Deng HW. (2018). The good, the bad, and the ugly of calcium supplementation: a review of calcium intake on human health. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 2443–2452.

Lopes AM, Rios M, Beleza J, Carvalho DD, Monteiro S, Montanha T,... Aascensao A. (2023). Adding protein to a carbohydrate pre-exercise beverage does not influence running performance and metabolism. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(1), 53–59.

Loucks AB. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *J Sports Sci*, 22:1–14.

Madzima TA, Panton LB, Fretti SK, Kinsey AW, Ormsbee MJ. (2014). Night-time consumption of protein or carbohydrate results in increased morning resting energy expenditure in active college-aged men. *The British Journal of Nutrition*, 111(1), 71–77.

Malsagova KA, Kopylov AT, Sinitsyna AA, Stepanov AA, Izotov AA, Butkova TV,... Kaysheva AL. (2021). Sports nutrition: diets, selection factors, recommendations. *Nutrients*, 13(11), 3771–3788.

Martínez-Ferrán M, Berlanga LA, Barcelo-Guido O, Matos-Duarte M, Vicente-Campos D, Sánchez-Jorge S,... Pareja-Galeano H. (2023). Antioxidant vitamin supplementation on muscle adaptations to resistance training: a double-blind, randomized controlled trial. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 105, 111848.

Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM,... Pareja-Galeano H. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. (2005). Sport and exercise nutrition. Third Ed: Lippincott Williams & Wilkins.

McCubbin AJ, Lopez MB, Cox GR, Caldwell Odgers JN, Costa RJS. (2019). Impact of 3-day high and low dietary sodium intake on sodium status in response to exertional-heat stress: a double-blind randomized control trial. *European Journal of Applied Physiology*, 119(9), 2105–2118.

McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR. (2014). Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(4), 535–550.

Metcalf RS, Thomas M, Lamb C, Chowdhury EA. (2021). Omission of a carbohydrate-rich breakfast impairs evening endurance exercise performance despite complete dietary compensation at lunch. *European Journal of Sport Science*, 21(7), 1013–1021.

Michalczyk MM, Chycki J, Zajac A, Maszczyk A, Zydek G, Langfort J. (2019). Anaerobic performance after a low-carbohydrate diet (LCD) followed by 7 days of carbohydrate loading in male basketball players. *Nutrients*, 11(4), 778–790.

Mielgo-Ayuso J, Zourdos MC, Calleja-González J, Urdampilleta A, Ostojic S. (2015). Iron supplementation prevents a decline in iron stores and enhances strength performance in elite female volleyball players during the competitive season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(6), 615–622.

Mikesky AE, & Fink HH. (Eds.). (2021). Spor Beslenmesi Pratik Uygulamalar. (Çev. Ersoy G, Eskici G. ISBN: 9786057578938.

Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E,... Phillips SM. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*, 52(6), 376–384.

Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C,... Ljungqvist A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad--relative energy deficiency in sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 491–497.

Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, Blauwet C, Constantini N,... Budgett R. (2018). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. *British Journal of Sports Medicine*, 52(11), 687–697.

Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, Burke LM, Constantini N, Hackney AC,...Erdener U. (2023) 2023 International olympic committee's (IOC) consensus statement on relative energy deficiency in sport (REDS). *British Journal of Sports Medicine*, 57(17), 1073–1097.

Murakami I, Sakuragi T, Uemura H, Menda H, Shindo M, Tanaka H. (2012). Significant effect of a pre-exercise high-fat meal after a 3-day high-carbohydrate diet on endurance performance. *Nutrients*, 4(7), 625–637.

Murphy C Koehler K. (2022). Energy deficiency impairs resistance training gains in lean mass but not strength: a meta-analysis and meta-regression. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(1), 125–137.

Nabuco HCG, Tomeleri CM, Sugihara Junior P, Fernandes RR, Cavalcante EF, Antunes M,... Cyrino ES.. (2018). Effects of whey protein supplementation pre- or post-resistance training on muscle mass, muscular strength, and functional capacity in pre-conditioned older women: a randomized clinical trial. *Nutrients*, 10(5), 563-576.

Namma-Motonaga K, Kondo E, Osawa T, Shiose K, Kamei A, Taguchi M, Takahashi H. (2022). Effect of different carbohydrate intakes within 24 hours after glycogen depletion on muscle glycogen recovery in japanese endurance athletes. *Nutrients*, 14(7), 1320-1329.

Nehme R, de Branco FMS, Vieira PF, Guimarães AVC, Gomes GK, Teixeira GP,... Cyrino ES. (2022). Single and serial carbohydrate mouth rinsing do not improve yo-yo intermittent recovery test performance in soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32(1), 22–29.

Roberts J, Zinchenko A, Suckling C, Smith L, Johnstone J, Henselmans M. (2017). The short-term effect of high versus moderate protein intake on recovery after strength training in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21(14), 44-55.

Rojano-Ortega D, Berral-de la Rosa FJ. (2023). Effects of vitamin D supplementation on muscle function and recovery after exercise-induced muscle damage: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics: the Official Journal of the British Dietetic Association*, 36(3), 1068–1078.

Rothschild JA, Kilding AE, Broome SC, Stewart T, Cronin JB, Plews DJ. (2021). Pre-exercise carbohydrate or protein ingestion influences substrate oxidation but not performance or hunger compared with cycling in the fasted State. *Nutrients*, 13(4), 1291-1305.

Rothschild JA, Kilding AE, Plews DJ. (2020). What should I eat before exercise? pre-exercise nutrition and the response to endurance exercise: current prospective and future directions. *Nutrients*, 12(11), 3473-3495.

Rothschild JA, Kilding AE, Plews DJ. (2021). Pre-exercise nutrition habits and beliefs of endurance athletes vary by sex, competitive level, and diet. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(6), 517–528.

Sims ST, Kerksick CM, Smith-Ryan AE, Janse de Jonge XAK, Hirsch KR, Arent SM,... Antonio J. (2023). International society of sports nutrition position stand: nutritional concerns of the female athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 20(1), 2204066.

Sonntag B, Ludwig M. (2012). An integrated view on the luteal phase: diagnosis and treatment in subfertility. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 77:500–507.

Stellingwerff T, Morton JP, Burke LM. (2019). A framework for periodized nutrition for athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 141–151.

Stevens SL. (2021). Fat-soluble vitamins. *Nursing Clinics*, 56(1), 33-45.

Stoyel H, Slee A, Meyer C, Serpell L (2020). Systematic review of risk factors for eating psychopathology in athletes: a critique of an etiological model. *European Eating Disorders Review*, 28(1), 3-25.

Sun FH, O'Reilly J, Li L, Wong SH. (2013). Effect of the glycemic index of pre-exercise snack bars on substrate utilization during subsequent exercise. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(8), 1001–1006.

Tang JE, Manolagos JJ, Kujbida GW, Lysecki PJ, Moore DR, Phillips SM. (2007). Minimal whey protein with carbohydrate stimulates muscle protein synthesis following resistance exercise in trained young men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6), 1132–1138.

Tektunalı Akman C, Ersoy G. (2020). Kadın sporcularda kullanılabilir enerji düzeyi. Egzersiz ve Sporda Beslenme ve Yeme Bozuklukları. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri, 36-39.

Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. (2016). American college of sports medicine joint position statement. nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 543-568.

Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. (2016). Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of canada, and the american college of sports medicine: nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501-528.

Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L,... Wiffin M. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1): 50-73.

Trommelen J, Fuchs CJ, Beelen M, Lenaerts K, Jeukendrup AE, Cermak NM, van Loon LJ. (2017). Fructose and sucrose intake increase exogenous carbohydrate oxidation during exercise. *Nutrients*, 9(2), 167-178.

Trommelen J, van Lieshout GAA, Pabla P, Nyakayiru J, Hendriks FK, Senden JM,... Loon LJC. (2023). Pre-sleep protein ingestion increases mitochondrial protein synthesis rates during overnight recovery from endurance exercise: a randomized controlled trial. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(7), 1445-1455.

Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2022. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Yayın No:1031, Ankara 2022.

Vargas-Molina S, Bonilla DA, Petro JL, Carbone L, García-Sillero M, Jurado-Castro JM,... Benites-Jorres J. (2023). Efficacy of progressive versus severe energy restriction on body composition and strength in concurrent trained women. *European Journal of Applied Physiology*, 123(6), 1311-1321.

Venkatraman JT, Leddy J, Pendergast D. (2000). Dietary fats and immune status in athletes: clinical implications. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 389-395.

Volpe SL (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 119-130.

Volpe SL. (2015). Magnesium and the athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 14(4), 279-283.

Wasserfurth P, Palmowski J, Hahn A, Krüger K. (2020). Reasons for and consequences of low energy availability in female and male athletes: social environment, adaptations, and prevention. *Sports Medicine-Open*, 6(1), 44-57.

Wentz L, Liu PY, Ilich JZ, Haymes EM. (2012). Dietary and training predictors of stress fractures in female runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22:374-382

Wilburn DT, Macheck SB, Cardaci TD, Hwang PS, Willoughby DS. (2020). Acute maltodextrin supplementation during resistance exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 282-288.

Williams AM, Ford P, Drust B. (2012). Science and soccer developing elite performers, *Nutrition*. London: Taylor & Francis Group 23-3.

Wroble KA, Trott MN, Schweitzer GG, Rahman RS, Kelly PV, Weiss EP. (2019). Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 600-607.

Zoorob R, Parrish MEE, O'Hara H, Kalliny M. (2013). Sports nutrition needs: before, during, and after exercise. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 40(2), 475-486.

Extendend Summary

Introduction

Meeting the energy and nutrient requirements of athletes is crucial for maintaining and enhancing sports health and performance. In sports nutrition, primary consideration is given to recommendations from organizations such as the IOC (International Olympic Committee) and ISSN (International Society of Sports Nutrition). The nutritional needs of athletes vary during the periods before, during, and after exercise. Adequate energy and macronutrient intake are planned to enhance adaptation to long-term, medium-term, and short-term training periods and to support performance. This process is referred to as nutritional periodization. High carbohydrate intake before exercise or gradual increase in carbohydrate intake to increase gastrointestinal tolerance are some of the methods used. Although the necessary vitamin and mineral intake is ensured through diet, athletes resort to nutritional supplements to maintain general health or support performance. Today, studies continue to be conducted on the importance of athletes' energy and nutrient intake.

Methods

This study was designed as a systematic review. The aim of the study was to examine the current studies on the effects of energy, macronutrient and micronutrient requirements of athletes according to the type of exercise on athlete health and performance. Healthy adult athletes participating in endurance, strength and team sports were included in the study selection. Studies on children and adolescents, athletes with chronic diseases, disabilities or special nutritional needs were excluded. In this context, 31 articles between 2012 and 2023 were selected and these articles were analyzed under three different headings: energy, macronutrients and micronutrients.

Findings, Discussion and Results

Athletes should ensure that they meet their daily energy requirements. Low energy availability, i.e. low energy intake against increased energy expenditure, leads to various physiological problems in athletes. Low available energy might lead to problems such as menstrual dysfunction or low bone mineral density.

Carbohydrate loading is one of the methods used to replenish athletes' muscle glycogen stores, which decrease with exercise, in the most efficient way. Meeting the carbohydrate needs before exercise with medium-high glycemic index foods, adding protein to the carbohydrate content, and ensuring carbohydrate intake within the first few hours after exercise during the post-exercise recovery period are among the methods used for athletes. Additionally, the carbohydrate mouth rinse method is one of the methods used to increase performance, but more studies should be conducted to prove its effectiveness.

Protein requirements for athletes are higher than for sedentary healthy adults. Although high protein intake supports muscle building and sports performance, it has been determined that intake above the recommended intake does not support sports performance. In addition, proteins such as egg, whey, casein and milk are known to support muscle building and whey protein is digested faster than casein protein.

Although high-fat diets promote weight loss by increasing fat oxidation, their effects on sports performance are unclear. Nutritional supplements might be used in cases where important vitamins and minerals for athletes such as vitamin D and antioxidant vitamins, iron, calcium, sodium and magnesium might not be met with the diet. Although these supplements are beneficial for general health, more research is needed to prove their effects on sports performance.

This systematic review; It serves as a scientific guide for athletes, sports dietitians and clinicians by presenting the current issues together and will contribute to further studies on this subject.

How to cite: Omur, S., Ersoy, G. (2023). Energy and Nutrient Requirements of Athletes: A Systematic Review. *Journal of Sport and Recreation Researches*, 5(2), 72-95. Doi: 10.52272/srad.1367161