



Research Article

Journal of Exercise and Sport Sciences Research (JOINESR) 4(1), 48-63, 2024

Received: 21-Feb-2024 Accepted: 29-May-2024

homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/joinesr>

<https://dergipark.org.tr/en/pub/joinesr/issue/81938/1441100>



SAKARYA UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

Dayanıklılık Sporcularında Beslenme Müdahaleleri: Güncel Yaklaşımlar

Melike Nur EROĞLU^{1*} 

Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Spor Bilimleri Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye, melikeeroglu@subu.edu.tr

ÖZ

Dayanıklılık, iskelet kaslarının egzersizin zorluklarına dayanarak sürekli performans gösterme yeteneğini ifade eder. Dayanıklılık, çeşitli faktörlerden etkilenir ve beslenme önemli bir belirleyicidir. Dayanıklılık egzersizlerinin üç aşamasındaki (egzersiz öncesi, egzersiz sırasında ve egzersiz sonrası) beslenme gereksinimleri, egzersiz yoğunluğu, türü, bireysel vücut kompozisyonu ve çevresel koşullar gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Egzersiz öncesinde, sırasında ve sonrasında tüketilen besinlerin türü, miktarı ve zamanlaması, dayanıklılık sporcularının enerji seviyelerini, toparlanma süreçlerini ve genel performansını önemli ölçüde etkiler. Bu derleme, sporcularda dayanıklılık potansiyelinin gelişimini destekleyen, besin alımının zamanlaması ve miktarı da dahil olmak üzere çeşitli güncel beslenme müdahalelerini ele almayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dayanıklılık, sporcu beslenmesi, sportif performans

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: melikeeroglu@subu.edu.tr

Nutrition Interventions in Endurance Athletes: Current Approaches

ABSTRACT

Endurance refers to the ability of skeletal muscles to perform consistently withstanding the rigours of exercise. Endurance is influenced by various factors and nutrition is an important determinant. Nutritional requirements during the three phases of endurance exercise - pre-exercise, during exercise and post-exercise - vary depending on factors such as intensity and type of exercise, individual body composition and environmental conditions. The type, quantity, and timing of nutrients consumed before, during, and after exercise significantly impact the energy levels, recovery processes, and overall performance of endurance athletes. This review aims to address various current nutritional interventions that support the development of endurance potential in athletes, including the timing and quantity of nutrient intake.

Keywords: Endurance, sports nutrition, sports performance.

Giriş

Dayanıklılık egzersizleri, vücudun uzun süreli fiziksel aktivite sırasında besin maddelerini kullanabilmesinden önemli ölçüde etkilenir. Dayanıklılığı etkileyen konum, sıcaklık, rakım, nem vb. gibi birçok çevresel faktör olmasına rağmen, planlama ve pratik gerektiren dayanıklılık hedeflerine ulaşmada beslenme ve sıvı alımı son derece önemlidir (Jäger ve ark., 2017).

Enerji açığının oluşması dayanıklılık egzersizlerinde sıklıkla görülen bir durumdur (Kimber ve ark., 2002). Bu nedenle dayanıklılık antrenmanı öncesinde, sırasında ve sonrasında yeterli kalorinin sağlanması hayati önem taşımaktadır. Yetersiz kalori alımı performansı önemli ölçüde etkileyebileceği gibi yorgunluğa da yol açabilir. Ayrıca, iyileşme/toparlanma oranı azalabilir ve bu da antrenman veriminin azalmasına yol açabilir. Önlem alınmadığında ise, aşırı antrenman ve hastalık riskinin yanı sıra genel performansı da etkileyebilir (Costa ve ark., 2013).

Hücrese düzeyde, dayanıklılık egzersizinin her aşaması için metabolik gereksinimler farklılık gösterir. Antrenman öncesi aşama; glikojen sentezini, yedek glikojen depolarının yıkılmasını, dokulara daha fazla kan sağlanması için vazodilatasyonun başlatılmasını, karaciğerden glikoneogenezin teşvik edilmesini ve insülin kaynaklı hipoglisemiden korunmayı gerektirir (Ormsbee ve ark., 2013). Egzersiz aşamasında ise, pankreatik- β hücrelerinden insülin salınımı gereklidir. İnsülin salınımı; hem karaciğer glikozunu hem de ekzojen glikozu kas hücrelerine taşımak, lipolizi uyarmak ve yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak kullanılmasını desteklemek, kas kasılmasını desteklemek için kalsiyum salınımını teşvik etmek, kaslara hızlı bir enerji kaynağı sağlamak için glikozun hızlı emilimini sağlamak, elektrolit kaybını yenilemek ve oksidatif strese karşı koruma sağlamak amacıyla gerçekleşir (Rocha ve ark., 2016). Öte yandan egzersiz sonrası aşamada hızlı amino asit emilimi, kas protein sentezi ve hasarlı kas liflerinin onarılması söz konusudur. Bu aşama; glikojen depolarının yenilenmesini teşvik eder, doku iltihabını, oksidatif stresi iyileştirir ve kas-tendon liflerinin hızlı bir şekilde iyileşmesini destekler. Bu nedenle sporcuların, vücudun metabolik ve besinsel gereksinimlerini karşılayan bir beslenme düzenine sahip olması gereklidir (Hoffman & Stuempfle, 2014).

Kas glikojeni ve kan glikozu, kas kasılması için en önemli substratlardır. Uzun süreli egzersiz sırasında yorgunluk genellikle kas glikojeninin tükenmesi ve kan glikoz konsantrasyonlarının azalması ile ilişkilidir (Jeukendrup, 2004). Her ne kadar bu faktörlerden herhangi birinin uzun süreli egzersiz performansını tek başına sınırlaması muhtemel olmasa da, kas ve karaciğerdeki glikojen depolarının yeterliliği optimum performans için kritik öneme sahiptir.

Glikojen tükenmesine ek olarak, dehidrasyon da dayanıklılık performansını bozabilmektedir. Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM); vücut ağırlığındaki kaybın %2' den fazla olmaması (dehidrasyon) gerektiğini belirtirken, aynı zamanda hiponatremiyi önlemek için de terleme oranını aşan miktarda sıvı tüketimine karşı uyarılmaktadır (Sawka ve ark., 2007).

Dayanıklılık hedefleri; gastrointestinal zorluklar (bulantı, kusma, şişkinlik, ishal, kramp, gaz ve geğirme gibi), yaralanmalar (hematomlar, sürtünmeler, sıyrıklar), sıcak havalarda güneş yanıkları, soğuk havalarda ve yüksek rakımlarda antrenman, yüksek yoğunluklu egzersiz, yüksek sıcaklıklarda antrenman, çapraz antrenman gibi stratejiler dahil olmak üzere beslenme dışı faktörlerden de etkilenmektedir (Costa ve ark., 2016). Bu nedenle hem beslenme hem de beslenme dışı faktörler dayanıklılık hedeflerine ulaşmak için hayati bileşenler olarak kabul edilmelidir. Bu derlemede, sporcularda dayanıklılık performansını artırmak için uyarlanabilecek beslenme müdahalelerine odaklanılacaktır.

1. Karbonhidratlar

Dayanıklılık sporcularının karbonhidrat (CHO) gereksinimleri konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Uluslararası Spor Beslenme Derneği (ISSN), glikojen depolarını maksimuma çıkarmak için sporcuların 8-12 g/kg/gün CHO tüketmesini önermektedir (Thomas ve ark., 2016). Beslenme ve Diyetetik Akademisi (AND), Kanada Diyetisyenleri (DC) ve ACSM ortak görüşü ise; orta düzey egzersizde (1 saat/gün) 5-7 g/kg/gün CHO, orta ila yüksek yoğunluklu egzersizde (1-3 saat/gün) ise 6-10 g/kg/gün CHO ihtiyacı bulunmaktadır. Ultra dayanıklılık sporcularının (her gün 4-5 saat orta ila yüksek yoğunlukta egzersiz) ise 8-12 g/kg/gün'e kadar CHO ihtiyacı artabilir (Jäger ve ark., 2017).

CHO' lar yağlara kıyasla oksijen (O₂) hacmi başına daha fazla ATP üretme özelliğine sahiptir. Karaciğer ve kas glikojen depolarının tükenmesi; yorgunluk, performans düşüklüğü ve konsantrasyon bozukluğu ile ilişkilidir (Jeukendrup ve ark., 2005). Sporcular arasında bu durum sıklıkla duvara çarpma hissi olarak belirtilmektedir. Ancak glikojen depolarının tükenmesi yorgunluğun tek belirleyicisi olarak düşünülmemelidir. Laktat gibi diğer CHO kaynaklarının kullanımı ve yağları oksitleme kapasitesinin artışı gibi diğer mekanizmaların yorgunluk üzerine etkileri bulunmaktadır (Burke ve ark., 2013). Bu nedenle, geliştirilen yarış/egzersiz öncesi, sırası ve sonrası yakıt ikmal stratejileri aşağıda özetlenmiştir.

1.1. Yarışma/Egzersiz Öncesi

Eğer yarış/egzersiz 90 dakikadan kısa sürecekse; önceki gün kaybedilen kas ve karaciğer glikojenini yenilemek için en az 6 g/kg/gün CHO, egzersizden önceki son 24 saatte ise 7-12 g/kg CHO açısından zengin bir beslenme tavsiye edilmektedir (Jäger ve ark., 2017; Getzin ve ark., 2017). Ancak 90 dakikadan uzun süren yarışlar için, önceki 36-48 saatte glikojen süper telafisi veya "CHO yüklemesi" performansın %2-3 oranında artmasına yardımcı olabilir (Jeukendrup ve ark., 2005). Klasik süper kompenzasyon modelinde glikojen depolarını iki katına çıkarmak için (Bergström ve ark., 1967), yüksek CHO' lu beslenmeden önce yüksek

yoğunluklu egzersizle glikojen depolarının t¼ktilmesi gerektiği önerilmiştir. Bununla birlikte son çalışmalar, kısa s¼reli y¼ksek yoğunluklu egzersizin ardından 1 g¼nl¼k y¼ksek (10-12 g/kg/g¼n) CHO t¼ktiminin benzer şekilde glikojen s¼perkompensasyon sağladığını ve bunun 3 g¼n boyunca s¼rd¼r¼ld¼đ¼n¼ göstermektedir (Bussau ve ark., 2002; Jeukendrup ve ark., 2005). Bu ikinci yöntemin klinik olarak dikkate alınması oldukça önemlidir. ¼nk¼ bu durum, yarışma öncesinde gastrointestinal intoleransı veya sıkıntısı olan sporcularda sporcuya esneklik/kolaylık sağlar.

Dayanıklılık branşlarındaki yarışlar özellikle sabahın erken saatlerinde meydana geldiği için, gece boyunca s¼ren açlığın hemen ardından t¼kenen karaciğer glikojen deposunun yenilenmesi gereklidir. Bu y¼zden yarıştan önceki son 1-4 saat içinde 1-4 gr/kg CHO t¼ktilmelidir (Jäger ve ark., 2017).

1.2.Yarışma/Egzersiz Sırası

60 dakikadan kısa s¼ren egzersizler için CHO t¼ktimine gerek olmadığı bildirilirken, 60 dakikadan uzun s¼ren egzersizlerde CHO erişilebilirliğini korumak için çeşitli stratejiler önerilir. 1-2,5 saat s¼ren egzersizlerde, glikojen depolarını maksimum d¼zeyde korumak için 30-60 g/sa %6-8 CHO zeltisi (ideal olarak her 10-15 dakikada bir t¼ktim) nerilmektedir (Burke ve ark., 2013; Jäger ve ark., 2017). 2,5 saatten uzun s¼ren egzersizlerde, 60-70 g/saat ve tolere edilebilirse 90 g/saat' e kadar daha y¼ksek CHO t¼ktimleri önerilmektedir. Y¼ksek CHO t¼ktiminde, sporcuların gastrointestinal konforunu (rneđin, sıvı CHO daha tolere edilebilir) ve planın pratikliğini değerlendirmek için CHO t¼ktim planlarını yarış öncesi antrenmanlarında rutin olarak uygulamaları gerekmektedir. Yarış g¼n¼nde artan stres tepkisi ve sempatik/parasempatik dengesizlik nedeniyle gastrointestinal tolere edilebilirliği azalabileceğinden, sporcuların CHO t¼ktim planlarını yarış yoğunluğuna göre uygulamaları önerilmektedir. Bir diğer önemli klinik husus da sıcak koşullardır; sıcak ortamlarda CHO oksidasyon oranlarının d¼řmesi nedeniyle sporculara CHO t¼ktimini %10 azaltmaları tavsiye edilmektedir (Jeukendrup ve ark., 2005).

1.3. Yarışma/Egzersiz Sonrası

Kas glikojen deposu uzun s¼reli dayanıklılık egzersizi için birincil öneme sahiptir ve bu nedenle glikojenin yenilenmesi egzersiz sonrası toparlanma s¼recinin önemli bir parçasını oluşturur. Glikojen depolarının tamamen yenilenmesi, glikojen depolarının t¼kenmesinin derecesine bağlı olarak en az 8 g/kg/g¼n CHO t¼ktilmesi koşuluyla 24 saat içinde gerçekleşebilir (Keizer ve ark., 1987; Starling ve ark., 1997). Egzersizden sonra hiç CHO t¼ktilmediđinde, kas glikojen sentez oranları oldukça d¼řer. Ancak, 3-5 saatlik bir toparlanma dönemi boyunca sık aralıklarla 1,0-1,2 g CHO/kg/sa alındığında y¼ksek kas glikojen sentez oranları gözlenir (Jentjens ve ark., 2001). Literat¼rde mevcut olan verilerden, maksimum glikojen sentez oranlarının ~1,2 g/kg/saat CHO t¼ktiminde gerçekleştiği sonucuna varılmaktadır. En y¼ksek kas glikojen sentezi oranlarının, d¼zenli aralıklarla (her 15-30 dakikada bir) CHO takviyelerinin sağlandığı çalışmalarda bulunduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, egzersiz sonrasında y¼ksek kas glikojen sentezini sağlamak için bir veya iki b¼y¼k CHO'lu đ¼n yerine k¼¼k porsiyonlarda sık sık t¼ktmek daha faydalıdır (Van Loon ve ark., 2000).

Dayanıklılık sporcularının (zellikle triatletlerin) genellikle g¼nde birden fazla antrenman yaptığı ve bazı yarışların asıl yarıştan <8 saat önce kalifikasyon gerektirdiği unutulmamalıdır. Kas glikojen depolarının saatler içinde tamamen yeniden sentezlenmesi m¼mk¼n olmasa da;

uygun beslenme stratejileri, toparlanma için glikojen depolama oranını optimize etmeye yardımcı olabilir.

Glikojen sentezi oranları, CHO çeşitlerine g¼re değişmektedir. alışmalar, glikoz ve s¼kroz t¼ketiminden sonra benzer kas glikojen sentezi oranları bulmuştur. Bununla birlikte, eşit miktarda fruktoz t¼ketimi çok daha d¼ř¼k glikojen sentezi oranlarıyla sonuçlanmıştır (Blom ve ark., 1987). Bunun nedeni b¼y¼k olasılıkla fruktozun bağırsaktan daha yavaş emilmesi ve iskelet kasında metabolize edilmeden ¼nce karaciğer tarafından glikoza d¼n¼řt¼r¼lmesinin gerekmesidir (Henry ve ark., 1991). Orta ile y¼ksek glisemik indekse sahip CHO'lu gıdalar daha y¼ksek glikojen sentez oranlarını sağladıkları için egzersiz sonrasında tavsiye edilmektedir (Burke ve ark., 1993).

CHO takviyesinin katı veya sıvı formda olması, kas glikojen sentez oranını etkilemiyor gibi g¼r¼nmektedir (Keizer ve ark., 1987). Ancak duruma g¼re uygun form tercih edilebilir. ¼rneđin; CHO içecekleri triatletlere sıklıkla tavsiye edilir ¼nk¼ hızlı rehidrasyon için faydalı olabilecek bir sıvı kaynağı da sağlamış olur. Ayrıca, egzersizden hemen sonra iştahın olmadığı durumlarda katı yiyecekler yemek yerine sıvı t¼ketmek tercih edilebilir.

2. Proteinler

İster dayanıklılık ister direnç antrenmanı yapmış olsun, yeterli protein alımı ve alım zamanlaması her sporcu için kritik ¼neme sahiptir. Sporcular, antrenman adaptasyonlarını sağlamak ve performansını artırmak için mevcut ¼neriden (0,8 g/kg/g¼n) daha y¼ksek protein t¼ketimine ihtiyaç duyarlar (Coyle ve ark., 2001).

2.1.G¼nl¼k Protein Gereksinimi

AND, DC ve ACSM, sporcular için g¼nl¼k protein alımının 1,2-2,0 g/kg/g¼n aralığında olmasını ¼nermektedir (J¼ger ve ark., 2017). ISSN ise bu aralığı 1,4-2,0 g/kg/g¼n olarak belirlemiştir (Thomas ve ark., 2016). G¼ ve kuvvet sporcularının genellikle protein t¼ketiminde ¼st sınıra yakın olmaları, dayanıklılık sporcularının ise alt sınıra yakın kalmaları ¼nerilmektedir.

Araştırmalar, g¼nl¼k protein t¼ketiminin yanı sıra zamanlama ve dozun da ¼nemli olduğunu ortaya koymaktadır. Kas protein sentezinin maksimum d¼zeyde uyarılması ve kas protein sentezi ile ilişkili mTOR, p70s6k, Akt sinyal proteinlerinin aktifleşmesi için egzersiz sonrası ilk 2 saat içinde 0,25-0,3 g/kg kaliteli protein kaynağı (yaklaşık 10 g esansiyel amino asit (EAA)) t¼ketilmelidir. Ancak ultra dayanıklılık gerektirmeyen aktivitelerde, egzersizden hemen ¼nce ya da egzersiz sonrası ilk 2 saatte protein t¼ketiminin benzer faydalar sağladığı bildirilmektedir (Kerksick ve ark., 2017). Sporcular bu konuda eğitilerek, bireysel tercihler ve gastrointestinal toleransları doğrultusunda uygun planlamalar yapabilirler.

Sporcular arasında y¼ksek protein t¼ketiminin daha iyi performans getireceği inancı yaygındır. G¼nl¼k 2,0 g/kg/g¼n'¼n ¼zerindeki protein alımının, sporcunun standart programının ¼tesinde kısa s¼reli yoğun antrenmanlar sırasında faydalı olabileceği belirtilmektedir. Ancak bunun dışında, s¼rekli y¼ksek miktarda protein t¼ketiminin dayanıklılık sporcularına ek fayda sağlamadığı ifade edilmektedir (Kerksick ve ark., 2017). Bu nedenle, AND, DC ve ACSM, g¼nl¼k protein ihtiyacının her 3-5 saatte bir yaklaşık 0,3 g/kg protein dozları şeklinde b¼l¼nerek karşılanmasını en uygun strateji olarak değerlendirmektedir (J¼ger ve ark., 2017).

2.2. Egzersiz Öncesi, Sırası ve Sonrası Protein Gereksinimleri

Direnç egzersizlerine kıyasla, dayanıklılık aktiviteleriyle birlikte egzersiz öncesi ve sırasında protein alımı üzerine çok az çalışma yapılmıştır. Ancak mevcut araştırmalar, proteinin aynı gün ve ertesi gün dayanıklılık performansını artırabileceğini göstermektedir (Kerksick ve ark., 2017). Yoğun dayanıklılık egzersizleri, maratonlar, yokuş aşağı koşular ve engelli parkur yarışları gibi önemli eksantrik aktiviteler, özellikle yetersiz protein varlığı ve/veya enerji kullanılabilirliğinin azaldığı durumlarda kas katabolizmasına neden olabilir ve kas kreatin kinaz seviyelerini yükseltir. Bu yüzden, sporcu gastrointestinal toleransına göre egzersiz öncesi 0,3 g/kg protein dozu düşünebilir. ISSN, dayanıklılık egzersizi sırasında (özellikle yoğun veya belirgin eksantrik egzersiz varsa), potansiyel kas hasarını en aza indirmek için CHO'larla birlikte saatte yaklaşık 0,25 g/kg protein önermektedir. Böylece, kreatin kinaz artışları azaltılabilir, kas ağrısı hissi iyileştirilebilir, kas protein sentezi ve net protein dengesi artırılabilir (Thomas ve ark., 2016).

Dallı zincirli amino asitler (BCAA'lar; lösin, izolösin ve valin); protein metabolizması, sinir sistemi ve glikoz/insülin düzenlemesindeki rolleri nedeniyle hem medyada hem de araştırmalarda büyük ilgi görmektedir. Ancak, son yıllarda daha yüksek EAA ve lösin içeriğine (700-3000 mg) sahip proteinin kas protein sentezini uyarmak için ideal kaynak olduğu gösterilmiştir. BCAA'lar, kan beyin bariyeri boyunca taşınmak için triptofan ile rekabet eder ve azalan triptofan seviyesi ile serotonin salınımı da azalır. Böylelikle, egzersiz sırasında daha az yorgunluk hissedilir (Noakes, 2000). Bununla birlikte, BCAA takviyeleri tam protein kaynağı yani yeterli EAA içeriği ile birlikte alınmadığı takdirde kas protein sentezini yeterince uyaramayabilir. Bu nedenle araştırmacılar, sporcuların BCAA yerine EAA tüketmelerini önermektedir. Bilimsel açıdan bakıldığında; süt bazlı proteinler (peynir altı suyu (whey), kazein ve tam yağlı süt), yağsız etler, yumurta ve soya, kas protein sentezini etkili bir şekilde uyarır. Ancak süt bazlı proteinler, daha yüksek lösin içeriği ve EAA'ların sindirim/emilim düzeylerinin daha iyi olması nedeniyle diğer kaynaklardan daha üstün tutulabilir (Jäger ve ark., 2017).

Sonuç olarak, 0,3 g/kg protein dozu (20–40 g protein) yaklaşık 10–12 g EAA ve 1–3 g lösin sağlamaktadır. Gün boyunca her 3-5 saatte bir olacak şekilde (egzersizden hemen önce veya sonrası ilk 2 saat içinde) toplam 1,2-2,0 g/kg/gün protein alınması, pozitif nitrojen dengesini destekler ve optimal fayda sağlar.

3. Yağlar

Dayanıklılık sporcuları tarafından yağlar, CHO'lara kıyasla daha az önemsenmekle birlikte, oldukça değerli bir yakıt kaynağıdır (Wilmore ve ark., 2008). Çoğu dayanıklılık sporcusu, CHO'nun sağladığı faydalar nedeniyle yüksek CHO'lu bir beslenme programını tercih ederken, bazı ultra dayanıklılık sporcuları son zamanlarda yüksek yağlı, düşük CHO'lu diyetlerle (ketoadaptasyon) ilgilenmeye başlamıştır (Volek ve ark., 2015). Ketoadaptasyon, genellikle ultra dayanıklılık aktivitelerinde gör¼len düşük yoğunluklu (<%70 VO₂max) egzersizlerde glikozdan ziyade yağların yüksek oksidasyonuna dayanır. CHO'ların azalması ve düşük yoğunluklu antrenman durumunda lipit oksidasyonu artar. Bu yüzden performans öncelikli değilse, yağ oksidasyonunu artırarak düşük yoğunluklu egzersizler yapmak aşırı kilolu sporcularda kilo kaybını teşvik edebilir. Ancak, sporcuların asıl hedefi yarışmak ve performans sürelerini iyileştirmekse, yüksek yağlı-düşük CHO'lu bir diyet antrenman ve yarış

performansını olumsuz etkileyebilir (Getzin ve ark., 2011; J¼ger ve ark., 2017).

Yağ alımının sporcular için ¼nemsiz olduğu d¼ř¼n¼lmemelidir. Yağlar, h¼cre zarlarının temel yapı taşlarıdır; sinyal iletimi ve sinir sistemi işlevlerinde kritik rol oynar, hayati organları korur ve esansiyel yağ asitlerinin kaynağını sağlar. Yağ t¼ketimini toplam enerjinin <%20'si ile sınırlayan sporcular, yağda ¼z¼nen vitaminler ve karotenoidler ile esansiyel yağ asitlerinin (n-3 (omega-3), konjuge linoleik asitler (CLA) gibi) yetersiz alımı riskiyle karşı karşıya kalabilirler (Trumbo ve ark., 2002).

Y¼ksek dozlarda CLA (6 g/g¼n'e kadar) ve omega-3 bakımından zengin balık yağı takviyesi, testosteron biyosentezinde rol oynayabilir (Stuart & Van Loon, 2011). Balık yağı ve CLA'nın etki mekanizması, glukokortikoid metabolizmasını azaltan ve androjen metabolizmasını artıran CYP17A1 ve HSD3B2 enzimlerini mod¼le etmeye dayanır. Bu mekanizma, aşırı antrenman sonucu g¼r¼len testosteron d¼ř¼řlerine duyarlı dayanıklılık sporcuları için ¼nemli olan anabolik yolları uyarır (Macaluso ve ark., 2013). ¼zellikle aşırı antrenman yapan ve testosteron baskılanması riski taşıyan sporcular için bu takviyeler potansiyel bir se¼enek olarak değerlendirilebilir.

Orta zincirli trigliseritler (MCT'ler) de son yıllarda ilgi g¼rmektedir. MCT'ler doğrudan mitokondriye girerek beta-oksidasyon yoluyla enerjiye d¼n¼řt¼r¼lebilir. Bu, teorik olarak sporcuya yağ kaynağı sağlayarak glikojen depolarını korumaya yardımcı olabilir. Bazı ¼alıřmalar MCT'lerle bisiklet s¼rme performansının arttırabileceğini ¼ne s¼rse de ISSN şu anda MCT'leri "etkililiği ve/veya g¼venliđi destekleyen ¼ok az kanıt veya hi¼ kanıt yok" kategorisinde değerlendirmektedir (Kerksick ve ark., 2018).

Sonuç olarak dayanıklılık sporcuları, yeterli yağ alımını sağlamak için genel beslenme ¼nerilerini takip etmelidir. Yalnızca CHO y¼kleme aşamasında veya gastrointestinal tolerans ile ilgili endişeler varsa yarış ¼ncesi kısıtlamayı d¼ř¼nmelidir. CLA, balık yağı ve MCT'ler umut verici olabilir ancak dayanıklılık sporcularındaki rollerini spesifik olarak tanımlamak için daha fazla ¼alıřmaya ihtiya¼ vardır.

4. Sıvılar

Hidrasyon, ¼zellikle ter yoluyla sıvı kaybının arttığı egzersiz sırasında uygun fizyolojik işlevi sağlamak için v¼cuda yeterli sıvının sağlanması s¼recini ifade eder. Sporcular için sıvı alımının s¼rd¼r¼lmesi ¼ok ¼nemlidir ¼¼nk¼ sıvı kaybı performansı olumsuz etkileyebilir, kas glikojen kullanımını azaltabilir ve mide-bağırsak sorunları olasılığını artırabilir (Coyle, 2004; Febbraio ve ark., 1994; Rehrer ve ark., 1990).

ACSM sıvı replasmanı ile ilgili yayınında (Convertino ve ark., 1996), sporcuların susama hissini beklemeden erken ve d¼zenli aralıklarla su i¼meye başlaması veya tolere edilebilecek maksimum miktarı t¼ketmesi gerektiğini belirtmiştir. Sporcular, ¼neriler doğrultusunda dehidrasyonun ¼n¼ne ge¼meye ¼alıřmıř ve susamadan ¼nce su i¼miřlerdir. Ancak, dehidrasyon tehlikesi ortadan kaldırılmaya ¼alıřılırken aşırı hidrasyona bağlı hiponatremi gelişebilir. Hiponatremi, <135 mmol/L olan serum, plazma veya kan sodyum konsantrasyonu olarak tanımlanır (Hew-Butler ve ark., 2007). Egzersizle ilişkili hiponatremi ciddidir ve ¼l¼mc¼l olabilir.

Sporculara y¼nelik ¼neriler arasında emilimi optimize etmek ve hiponatremiyi ¼nlemek için

egzersiz sırasında ve sonrasında sodyum içeren içeceklerin t¼ktilmesi ve egzersiz sonrası rehidrasyon içeceklerinin v¼cut k¼tle kaybının %150'sine eşdeğer bir hacimde y¼ksek sodyum içeriğine sahip olması yer almaktadır (Bentley ve ark., 2002).

Sıvı t¼ketim planı her sporcuya ¼zeldir ve ter oranlarına, terdeki sodyum içeriğine, egzersizin yoğunluğuna, v¼cut sıcaklığına, ortam sıcaklığına, v¼cut ağırlığına, b¼brek fonksiyonuna ve diğer birçok fakt¼re g¼re değişir. ACSM, sıcak ortamlarda yarışan daha hızlı ve y¼ksek kiloya sahip sporcular için daha y¼ksek hidrasyon oranları ¼nerirken; daha soğuk ortamlarda yarışan daha yavaş ve daha d¼ř¼k kiloya sahip sporcular için ise daha d¼ř¼k hidrasyon oranları ¼nermektedir (Stand, 1996).

Benzer şekilde, sodyum t¼ketim planının sporcunun deneyimine, ter oranına ve ter sodyum içeriğine, egzersiz yoğunluğuna ve evre koşullarına g¼re ¼zelleřtirilmesi gerekmektedir. AND, DC ve ACSM, y¼ksek terleme oranlarına (>1,2 L/saat) sahip ve 2 saatten fazla uzun s¼reli egzersiz yapan sporcularda egzersiz sırasında sodyum t¼ketimini ¼nermektedir (Thomas ve ark., 2016). Uzun s¼reli egzersiz sırasında ~300-600 mg/saat (1,7-2,9 g tuz) ile başlamak ve planlamayı buna g¼re yapmanın ideal olduğu bildirilmektedir (Kerksick ve ark., 2018).

Etkili hidrasyon ¼nerileri arasında antrenman sırasında sıvı kayıplarını değerlendirmek için kişinin tartılması, 1,5 saatten uzun s¼ren egzersiz sırasında kilo kayıplarının %1 ile sınırlandırılması ve saatte yaklaşık 600 mL sıvı sağlamak için her 10 dakikada bir 100 mL sıvı t¼ktilmesi yer almaktadır (Noakes, 2000). Ayrıca, sıvı alımından taviz vermeden, lezzetli ve yeterli sodyum içeren bir rehidrasyon ieğeğinin seçilmesi de tavsiye edilmektedir (Moseley & Jeukendrup, 2001).

Sonuç olarak; susama hissi, v¼cut ağırlığı, idrar rengi, yarış hızı, v¼cut ısısı ve evre sıcaklığı gibi parametreleri izlemek, sporcunun bireysel hidrasyon ihtiyaçlarını belirlemesine ve hiponatremi komplikasyonlarından kaçınmasına yardımcı olabilir (Getzin ve ark., 2011).

5. Vitaminler ve mineraller

Vitamin ve mineraller; hemoglobin sentezi, kemik sağlığının korunması, bağışıklık sisteminin desteklenmesi ve dokulardaki oksidatif hasara karşı koruma rolleri nedeniyle optimum performansın s¼rd¼r¼lmesinde hayati ¼neme sahiptir. Ayrıca, dayanıklılık egzersizleri sonrasında daha hızlı toparlanmaya yardımcı olurlar. Dayanıklılık için gerekli vitamin ve mineraller arasında D, E, C, B-kompleksi vitaminleri, demir, çinko, magnezyum, ̢-karoten ve selenyum bulunmaktadır. Kalsiyum ve D vitamini; kemik dokusunun yapımı ve onarımının yanı sıra sinir uçlarından aksiyon potansiyelinin iletilmesi yoluyla kas kasılmalarının başlatılması için gereklidir. Hem kalsiyum hem de D vitamini eksikliği, kemik mineral yoğunluğunun azalması ve stres kırıkları riskini artırır (Morgan, 2008). D vitamini takviyesi ¼zellikle yeterli g¼neř işığı almayan veya yıl boyunca ağırlıklı olarak kapalı alanlarda antrenman yapan kişiler için ¼nerilmektedir (Larson-Meyer & Willis, 2010). Sporcular için ¼nerilen D vitamini takviyesi 1000-2000 IU/g¼nd¼r (Ogan & Pritchett, 2013).

B-kompleks vitaminleri, hasarlı dokuların yapım ve onarımındaki rolleri nedeniyle elzemdir. ¼zellikle B12 ve folat eksiklikleri, anemi ve performans d¼ř¼kl¼đ¼ ile sonuçlanır (Lukaski, 2004). Demir eksikliği de anemiye yol açarak kırmızı kan h¼crelerinin dokulara oksijen taşıma kabiliyetinin azalması nedeniyle performansı etkileyen minerallerden biridir. Dayanıklılık aktivitesi hepsidin hormonunun ¼retimini artırarak bağışsakların diyetle alınan demir emiliminin

azalmasına neden olur (Peeling ve ark., 2009). Bu nedenle, dayanıklılık sporcularında kandaki ferritin durumu dikkatle takip edilmelidir. Hayvansal (hem demir) ve bitkisel besinlerin (hem olmayan demir) tüketimi, C vitamini kaynaklarıyla desteklenerek demir emilimi iyileştirilebilir (Hurrell ve ark., 2006). Kan ferritin düzeyleri 50 µg/L'nin altındaysa demir takviyesi önerilir.

Çinko; enerji metabolizmasında, kas onarımında ve bağışıklık sisteminde hayati bir rol oynamaktadır. Çinko eksikliği tiroid seviyelerinin bozulmasına neden olarak metabolik hızı ve performansı etkileyebilir (Prasad, 2013). Ayrıca kardiyorespiratuar fonksiyonu, kas gücünü ve dayanıklılığı da azaltabilir (Lukaski, 2004). Bununla birlikte, çinko takviyesi tolere edilebilir üst sınırı (40 mg/gün) aşmamalıdır. Aksi takdirde; HDL kolesterolde düşüşe neden olabilir, demir ve bakır gibi diğer minerallerin biyoyararlanımını engelleyebilir (Lukaski, 2004). Magnezyum, nöromüsküler sistemin düzgün işleyişinde hayati bir rol oynar (Rude, 1993). Eksikliği kas kramplarının gelişmesine yol açabilir. Dayanıklılık aktiviteleri için 310-420 mg/gün optimal seviyeler önerilmektedir.

Dayanıklılık egzersizleri, serbest radikallerin üretimine neden olarak oksidatif hasar oluşturur (Knez ve ark., 2006). Oksidatif hasar; kardiyak disfonksiyon, insülin direnci, ateroskleroz ve doku hasarı başlangıcı ile ilişkilidir (Yavari ve ark., 2015). Bu nedenle, oksidatif stresin önlenmesi veya azaltılması, performans gelişimi ve sağlıklı bir vücut için önemlidir. Antioksidan beta-karoten, selenyum, C ve E vitamini oksidatif hasarı hafifletmek için kullanılabilir (Sies, 1997). Dayanıklılık performansı üzerindeki etkileri araştırılan diğer antioksidanlar arasında polifenoller yer almakta olup en popüler araştırılanları kuersetin, kateşinler ve resveratroidür. Yeşil çay ve kakaoda bulunan kateşinlerin sağlıklı bir popülasyonda VO₂max, yağ oksidasyonu ve insülin duyarlılığının iyileştirilmesi dahil olmak üzere dayanıklılık için olumlu etkiler gösterdiğini bildiren az sayıda çalışma vardır. Bununla birlikte, dayanıklılık performansının iyileştirilmesi üzerindeki yararlı etkisi henüz incelenmemiştir (Jówko ve ark., 2012). Antioksidan özelliği sayesinde resveratrolün diyabet, yaşlanma, obezite, hipertansiyon gibi kronik dejeneratif hastalıklara karşı faydalı bir etki sağladığı gösterilmiştir (Petrovski ve ark., 2011). Ancak, dayanıklılık performansını artırmadaki rolü henüz açıklığa kavuşturulmamıştır. Şu anda, özellikle dayanıklılık aktiviteleri için mikro besinlerin önerilen diyet alımı (RDA) bulunmamaktadır. Dayanıklılık performansı ve toparlanmayı iyileştirme noktasında kapsamlı araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Ravindra ve ark., 2022).

6. Besin Destekleri Kullanımı

Dayanıklılık performansında yukarıda açıklanan beslenme stratejilerine ek olarak; nitrat, beta-alanin ve kafein besin takviyesi araştırmalarının odak noktası olmuştur (Beck ve ark. 2015). Nitratın, egzersiz sırasında oksijen ihtiyacını azaltma kabiliyeti nedeniyle önemli bir rol oynadığı bulunmuştur. Besinsel nitratlar; iskelet kaslarında kan akışının, kasılma yeteneğinin, glikoz ve kalsiyum homeostazının, mitokondriyal solunumun ve biyogenezin artmasını teşvik etmek için temel bir fizyolojik sinyal olarak işlev gören nitrik oksit (NO) kaynağıdır (Jones, 2014). Marul, ıspanak, roka, kereviz ve pancar gibi yeşil yapraklı sebzelerin nitrat açısından özellikle zengin olduğu artık bilinmektedir. Nitrat takviyesi, kas kasılması için ATP kullanımının azalmasını sağlayarak kas kasılma verimliliğini artırır ve aynı oranda ATP üretimi için oksijen tüketimini düşürür. Böylece mitokondrinin oksidatif verimliliğinde iyileşmeye neden olur (Mills ve ark., 2017). Literatürde doz önerileri karmaşıktır. Genel olarak öneriler; 300-600 mg nitrat takviyesi (10 mg/kg'a kadar), 0,1 mmol/kg ile minimum 6-8 mmol, 500 mL pancar suyu veya yaklaşık 3-6 bütün pancar arasında değişmektedir (Getzin ve ark., 2017; Kerksick ve ark.,

2018). Yarış öncesi 500 mL pancar suyu bazı sporcularda önemli gastrointestinal sıkıntılara neden olabileceğinden (ve aşırı hidrasyona katkıda bulunabilir), besin takviyesi olarak geliştirilen ticari formları tercih edilebilir.

Beta alanin, karnozinin öncüsü olarak, asidozu azaltmada rol oynar ve antioksidan etkileri indüklediğı gösterilmiştir. Beta alanin takviyesinin, iskelet kaslarının çalışma kapasitesini artırdığı ve yorgunluk hissini azalttığı bulunmuştur (Blancquaert ve ark., 2015). Günlük 1,6-6,4 gram arasında beta alanin tüketiminin 8 haftaya kadar güvenli olduğu bildirilmiştir.

Dayanıklılık, fiziksel dayanıklılık ve zihinsel dayanıklılık olarak kategorize edilebilir. Zihinsel dayanıklılık, optimum performans ve yarışı kendinden emin bir şekilde bitirmek için gereklidir. Çoğu zaman, son kilometreleri tamamlamak çok daha zor hale gelir. Bu aşamada, kafein ile desteklenmiş gıdaların alımının zihinsel dayanıklılığı artırdığı gösterilmiştir. Kafein, dayanıklılık sporlarında en yaygın kullanılan takviyedir (Potgieter ve ark., 2018). Dayanıklılık performansını önemli ölçüde artırdığı gösterilen, yasal olarak kabul edilmiş bir merkezi sinir sistemi uyarıcısıdır. Kafeinin performansı artırmasını sağlayan mekanizmalar ise şunlardır; merkezi sinir sistemini harekete geçirme, kas kuvveti/gücü üretimini artırma, algılanan efor veya yorgunluk oranını azaltma, katekolaminler gibi stres hormonlarının salgılanmasını artırarak kan serbest yağ asidi seviyelerini artırma ve böylece glikojen depolarının korunmasına yardımcı olmak (Grgic & Mikulic, 2017). Ergojenik etki görmek için egzersizden 30-90 dk önce 3-6 mg/kg (yaklaşık 2-4 fincan kahve) kullanılması önerilmektedir (Burke ve ark., 2009). Ancak bireysel tolerans ve duyarlılık göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç ve Öneriler

Dayanıklılık sporcuları için dengeli ve çeşitli bir beslenme planı, performansı artırmak, iyileşmeyi hızlandırmak ve genel sağlığı korumak açısından kritik öneme sahiptir. Egzersiz öncesi, sırası ve sonrasında alınan besinlerin türü, miktarı ve zamanlaması, sporcuların enerji seviyelerini ve toparlanma süreçlerini etkileyebilir. Bu makale, dayanıklılık sporcularına etkili tavsiyeler sunmak amacıyla kanıta dayalı öneriler sunmaktadır. Güncel literatür, yüksek CHO' lu diyetlerin dayanıklılık sporcuları için önemini vurgularken, protein alımının ise toparlanma ve kas bakımı için kritik olduğunu belirtmektedir. Yağların, özellikle ultra dayanıklılık sporcuları arasında popüler olmasına rağmen, performans üzerindeki etkileri hala tam olarak anlaşılamamıştır. Kişiselleştirilmiş sıvı tüketimi önerilmekte ve bazı takviyelerin dayanıklılık sporcularına fayda sağlayabileceğı ifade edilmektedir, ancak bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Tablo 1'de beslenmeye ilişkin temel öneriler özetlenmiştir (Vitale & Getzin, 2019). Sporcuların bireysel ihtiyaçlarını, hedeflerini ve sağlık durumlarını dikkate alarak beslenmelerini planlamaları ve profesyonel bir beslenme uzmanından destek almaları büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1. Beslenmeye ilişkin temel öneriler (egzersiz süresi parantez içinde italik olarak listelenmiştir).

Besin	Günlük İhtiyaçlar	Egzersiz Öncesi	Egzersiz Sırası	Egzersiz Sonrası
Karbonhidrat	5–7 g/kg/gün (1 saat/gün) 6–10 g/kg/gün (1–3 saat/gün) 8–12 g/kg/gün (4≥ saat/gün)	6 g/kg/gün (<90 dakika) 10–12 g/kg/gün (> 90 dakika) + 1–4 g/kg (egzersizden 1–4 saat önce)	30–60 g/saat (<2,5 saat) 60–70 g/saat (>2,5 saat) 90 g/saat (>2,5 saat, eğer tolere edilebilirse)	8–10 g/kg/gün (ilk 24 saat) 1,0–1,2 g/kg/saat (ilk 3–5 saat) veya 0,8 g/kg/saat + protein (0,3 mg/kg/saat) veya kafein (3 mg) /kilogram)
Protein	1,4 g/kg/gün 0,3 g/kg her 3-5 saatte bir	Egzersizden hemen önce (veya egzersiz sonrasında) 0,3 g/kg	0,25 g/kg/saat (yüksek yoğunluk/eksantrik egzersiz varsa)	0-2 saat içinde (veya egzersiz öncesi) 0,3 g/kg
Yağ	Toplam günlük enerji alımınızın %20'nin altında olacak şekilde kısıtlanmamalı Yağ alımını yalnızca karbonhidrat yüklemesi sırasında veya GI toleransına göre yarış öncesi kısıtlanabilir			
Sıvı	Başlangıç hidrasyon planı ~400–800 ml/saat olarak denenebilir; Bireysel sporcu varyasyonlarına göre ayarlanmalı (ter oranları, ter sodyum içeriği, egzersiz yoğunluğu, vücut sıcaklığı, ortam sıcaklığı, vücut ağırlığı, böbrek fonksiyonu) Susama hissi takip edilmeli; vücut ağırlığı ve idrar rengi parametreleri izlenmeli			Kaybedilen sıvının %150'si i kadar sıvı alınmalı
Sodyum	Yüksek terleme oranı (>1,2 L/saat) veya 2 saatten fazla uzun süreli egzersiz varsa, başlangıç sodyum planı 300-600 mg/saat olarak denenmeli. Miktarı bireysel farklılıklara göre ayarlanmalı (ter oranları, ter sodyum içeriği, egzersiz yoğunluğu, vücut sıcaklığı, ortam sıcaklığı, vücut ağırlığı, böbrek fonksiyonu vb.)			>60 mmol/L sodyum içeriği (~1380 mg/L)
Nitrat	300-600 mg nitrat (10 mg/kg veya 0,1 mmol/kg'a kadar) veya 500 mL pancar suyu Egzersizden 2,5- 3 saat önce akut veya 6 günlük multi doz kullanılabilir			
Kafein	Egzersizden 30-90 dakika önce 3-6 mg/kg ≥9 mg/kg performansı daha fazla artırmaz, istenmeyen yan etkileri olabilir			Karbonhidratla birlikte 3 mg/kg glikojen yenilenmesini artırır

Beyanname

Rakip Çıkarlar

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların Katkıları

1. Yazar (sorumlu yazar) Melike Nur EROĞLU: Makaleye katkısı. (Makale için fikir ya da hipotezin oluşturulması, araştırma sırasında literatür taraması ile ilgili sorumluluk almak, yazının tümünün oluşturulması için sorumluluk almak, makaleyi teslim etmeden önce sadece imla ve dil bilgisi açısından değil aynı zamanda entelektüel içerik açısından yeniden çalışma yapmak

Kaynakça

- Beck, K. L., Thomson, J. S., Swift, R. J., & Von Hurst, P. R. (2015). Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 259-267.
- Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 71(2-3), 140-150.
- Bentley, D. J., Millet, G. P., Vleck, V. E., & McNaughton, L. R. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon: implications for physiological analysis and performance. *Sports Medicine*, 32, 345-359.
- Blancquaert, L., Everaert, I., & Derave, W. (2015). Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 18(1), 63-70.
- Blom, P. C., Høstmark, A. T., Vaage, O., Kardel, K. R., & MæHLUM, S. V. E. R. R. E. (1987). Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(5), 491-496.
- Burke, L. M., Collier, G. R., & Hargreaves, M. (1993). Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 1019-1023.
- Burke, L. M., Castell, L. M., & Stear, S. J. (2009). BJSM reviews: A–Z of supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 1. *British Journal of Sports Medicine*, 43(10), 728-729.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2013). Carbohydrates for training and competition. *Food, Nutrition and Sports Performance III*, 17-27.
- Bussau, V. A., Fairchild, T. J., Rao, A., Steele, P., & Fournier, P. A. (2002). Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 290-295.
- Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay Jr, L. C., & Sherman, W. M. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), i-vii.
- Costa, R. J., Teixeira, A., Rama, L., Swancott, A. J., Hardy, L. D., Lee, B., ... & Thake, C. D. (2013). Water and sodium intake habits and status of ultra-endurance runners during a multi-stage ultra-marathon conducted in a hot ambient environment: an observational field based study. *Nutrition Journal*, 12(1), 1-16.

- Costa, R. J., Snipe, R., Camões-Costa, V., Scheer, V., & Murray, A. (2016). The impact of gastrointestinal symptoms and dermatological injuries on nutritional intake and hydration status during ultramarathon events. *Sports Medicine-Open*, 2, 1-14.
- Coyle, E. F., Jeukendrup, A. E., Oseto, M. C., Hodgkinson, B. J., & Zderic, T. W. (2001). Low-fat diet alters intramuscular substrates and reduces lipolysis and fat oxidation during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 280(3), E391-E398.
- Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 39-55.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M., & Carey, M. F. (1994). Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 77(6), 2827-2831.
- Getzin, A. R., Milner, C., & LaFace, K. M. (2011). Nutrition update for the ultraendurance athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 10(6), 330-339.
- Getzin, A. R., Milner, C., & Harkins, M. (2017). Fueling the triathlete: evidence-based practical advice for athletes of all levels. *Current Sports Medicine Reports*, 16(4), 240-246.
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *European Journal of Sport Science*, 17(8), 1029-1036.
- Henry, R. R., Crapo, P. A., & Thorburn, A. W. (1991). Current issues in fructose metabolism. *Annual Review of Nutrition*, 11(1), 21-39.
- Hew-Butler, T., Ayus, J. C., Kipps, C., Maughan, R. J., Mettler, S., Meeuwisse, W. H., ... & Wharam, P. (2008). Statement of the second international exercise-associated hyponatremia consensus development conference, New Zealand, 2007. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(2), 111-121.
- Hoffman, M. D., & Stuempfle, K. J. (2014). Hydration strategies, weight change and performance in a 161 km ultramarathon. *Research in Sports Medicine*, 22(3), 213-225.
- Hurrell, R. F., Reddy, M. B., Juillerat, M., & Cook, J. D. (2006). Meat protein fractions enhance nonheme iron absorption in humans. *The Journal of nutrition*, 136(11), 2808-2812.
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20.
- Jentjens, R. L., Van Loon, L. J., Mann, C. H., Wagenmakers, A. J., & Jeukendrup, A. E. (2001). Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 91(2), 839-846.
- Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20, 669-677.
- Jeukendrup, A. E., Jentjens, R. L., & Moseley, L. (2005). Nutritional considerations in triathlon. *Sports Medicine*, 35, 163-181.
- Jones, A. M. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports medicine*, 44(Suppl 1), 35-45.
- Jówko, E., Sacharuk, J., Balasinska, B., Wilczak, J., Charmas, M., Ostaszewski, P., & Charmas, R. (2012). Effect of a single dose of green tea polyphenols on the blood markers of exercise-induced oxidative stress in soccer players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(6), 486-496.

- Keizer, H. A., Kuipers, H., Van Kranenburg, G., & Geurten, P. (1987). Influence of liquid and solid meals on muscle glycogen resynthesis, plasma fuel hormone response, and maximal physical working capacity. *International Journal of Sports Medicine*, 8(02), 99-104.
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., ... & Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the international society of sports nutrition*, 14(1), 33.
- Kimber, N. E., Ross, J. J., Mason, S. L., & Speedy, D. B. (2002). Energy balance during an ironman triathlon in male and female triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12(1), 47-62.
- Knez, W. L., Coombes, J. S., & Jenkins, D. G. (2006). Ultra-endurance exercise and oxidative damage: implications for cardiovascular health. *Sports Medicine*, 36, 429-441.
- Larson-Meyer, D. E., & Willis, K. S. (2010). Vitamin D and athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 9(4), 220-226.
- Lukaski, H. C. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-644.
- Macaluso, F., Barone, R., Catanese, P., Carini, F., Rizzuto, L., Farina, F., & Felice, V. D. (2013). Do fat supplements increase physical performance?. *Nutrients*, 5(2), 509-5.
- Mills, C. E., Khatri, J., Maskell, P., Odongere, C., & Webb, A. J. (2017). It is rocket science—why dietary nitrate is hard to 'beet'! Part II: further mechanisms and therapeutic potential of the nitrate-nitrite-NO pathway. *British journal of clinical pharmacology*, 83(1), 140-151.
- Morgan, K. T. (2008). Nutritional determinants of bone health. *Journal of Nutrition for the Elderly*, 27(1-2), 3-27.
- Moseley, L., & Jeukendrup, A. E. (2001). The reliability of cycling efficiency. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 621-627.
- Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports: Review Article*, 10(3), 123-145.
- Ogan, D., & Pritchett, K. (2013). Vitamin D and the athlete: risks, recommendations, and benefits. *Nutrients*, 5(6), 1856-1868.
- Ormsbee, M. J., Bach, C. W., & Baur, D. A. (2014). Pre-exercise nutrition: the role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients*, 6(5), 1782-1808.
- Peeling, P., Dawson, B., Goodman, C., Landers, G., Wiegerinck, E. T., Swinkels, D. W., & Trinder, D. (2009). Effects of exercise on hepcidin response and iron metabolism during recovery. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(6), 583-597.
- Petrovski, G., Gurusamy, N., & Das, D. K. (2011). Resveratrol in cardiovascular health and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1215(1), 22-33.
- Potgieter, S., Wright, H. H., & Smith, C. (2018). Caffeine improves triathlon performance: a field study in males and females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(3), 228-237.
- Prasad, A. S. (2013). Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. *Advances in Nutrition*, 4(2), 176-190.

- Ravindra, P. V., Janhavi, P., Divyashree, S., & Muthukumar, S. P. (2022). Nutritional interventions for improving the endurance performance in athletes. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 128(4), 851-858.
- Rehrer, N. J., Beckers, E. J., Brouns, F., Ten Hoor, F., & Saris, W. H. (1990). Effects of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 790-795.
- Rocha, A., Bolin, A. P., Cardoso, C. A. L., & Otton, R. (2016). Green tea extract activates AMPK and ameliorates white adipose tissue metabolic dysfunction induced by obesity. *European Journal of Nutrition*, 55, 2231-2244.
- Rude, R. K. (1993). Magnesium metabolism and deficiency. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 22(2), 377-395.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 377-390.
- Sies, H. (1997). Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 82(2), 291-295.
- Stand, P. (1996). Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28.
- Starling, R. D., Trappe, T. A., Parcell, A. C., Kerr, C. G., Fink, W. J., & Costill, D. L. (1997). Effects of diet on muscle triglyceride and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 82(4), 1185-1189.
- Stuart, S. M., & Van Loon, L. J. (2011). Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences*, 29(1).
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (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.
- Trumbo, P., Schlicker, S., Yates, A. A., & Poos, M. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids.(Commentary). *Journal of The American Dietetic Association*, 102(11), 1621-1631.
- Van Loon, L. J., Saris, W. H., Kruijshoop, M., & Wagenmakers, A. J. (2000). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), 106-111.
- Vitale, K., & Getzin, A. (2019). Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. *Nutrients*, 11(6), 1289.
- Volek, J. S., Noakes, T., & Phinney, S. D. (2015). Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *European Journal of Sport Science*, 15(1), 13-20.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2008). Fuel for exercising muscle: metabolism and hormonal control. *Physiology of Sport and Exercise*. 4th ed. Champaign Illinois: Human Kinetics, 48-59.
- Yavari, A., Javadi, M., Mirmiran, P., & Bahadoran, Z. (2015). Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6(1).



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).