



Performans mı Sağlık mı? Kadın Sporcularda RED-S Sendromu: Multidisipliner Bir Yaklaşım

Fatma Gözlükaya Girginer¹

¹Pamukkale University, Faculty of Sports Sciences, Denizli, Türkiye <https://orcid.org/0000-0002-0211-6512>

To cite this article/ Atıf için:

Gözlükaya, G. G. (2025). Performans mı sağlık mı? Kadın sporcularda RED-S sendromu: Multidisipliner bir yaklaşım. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 223-230.

Özet

Kadın sporcular, performans hedeflerine ulaşmak amacıyla yoğun antrenman programlarına katılırken, estetik kaygılar ve kilo kontrolü gibi etmenlerle yetersiz enerji alımına maruz kalabilmektedir. Bu durum, enerji dengesizliğine bağlı olarak ortaya çıkan Düşük Enerji Mevcudiyeti (LEA) ve buna bağlı gelişen Enerji Eksikliği ile İlişkili Relatif Sporcu Sendromu (RED-S) gibi ciddi sağlık problemleriyle sonuçlanabilmektedir. RED-S, sadece menstrüel ve hormonal dengesizliklerle sınırlı kalmayıp, kemik mineral yoğunluğunun azalması, metabolik bozukluklar, psikolojik sorunlar ve kardiyovasküler riskleri de kapsamaktadır. Bu derleme çalışmasında, 2020 yılı sonrası literatür ışığında LEA ve RED-S'in kadın sporcular üzerindeki fizyolojik, hormonal ve iskelet sistemi üzerindeki etkileri ele alınmış, tanı kriterleri, önleyici stratejiler ve multidisipliner müdahale yaklaşımları değerlendirilmiştir. Sporcu sağlığını korumada erken tanı ve sistematik izlem protokollerinin gerekliliği vurgulanarak, uzun vadede sürdürülebilir performans ve sağlıklı atlet gelişimi için bütüncül bir bakış açısı önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kadın sporcular, Düşük enerji mevcudiyeti, RED-S, Kemik sağlığı, Hormonal dengesizlik, Menstrüel disfonksiyon

Performance or Health? RED-S Syndrome in Female Athletes: A Multidisciplinary Approach

Abstract

Female athletes often participate in intensive training programs to achieve performance goals, and may simultaneously experience insufficient energy intake due to aesthetic concerns and weight control efforts. This leads to Low Energy Availability (LEA), a condition associated with significant health risks, including the development of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). RED-S extends beyond menstrual and hormonal imbalances to include decreased bone mineral density, metabolic disorders, psychological issues, and increased cardiovascular risks. This review explores the physiological, hormonal, and skeletal impacts of LEA and RED-S on female athletes, based on scientific literature published after 2020. Diagnostic criteria, preventive strategies, and multidisciplinary intervention approaches are evaluated. Emphasis is placed on the importance of early detection and systematic monitoring protocols to protect athlete health, and a holistic perspective is proposed for achieving long-term sustainable performance and healthy athlete development.

Keywords: Female athletes, Low energy availability, RED-S, Bone health, Hormonal imbalance, Menstrual dysfunction

GİRİŞ

Kadın sporcular, yoğun fiziksel antrenman gerektiren spor branşlarında sadece performans hedefleriyle değil, aynı zamanda beden kompozisyonuna ve estetik beklentilere dair baskılarla da karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu baskılar, enerji alımı ile enerji harcaması arasındaki dengeyi bozarak Düşük Enerji Mevcudiyeti (Low Energy Availability - LEA) durumunu ortaya çıkarabilmektedir. LEA, bireyin egzersiz sonrasında fizyolojik işlevlerini sürdürebilmesi için gereken minimum enerjinin karşılanamaması durumudur (Mountjoy et al., 2023). Bu fizyolojik dengesizlik, kadın sporcularda hormonal bozukluklara, menstrüel düzensizliklere ve kemik mineral yoğunluğunda azalmaya yol açarak “Kadın Sporcu Üçlüsü” (Female Athlete Triad) kavramını ortaya çıkarır (Keay & Francis, 2022).

Son yıllarda LEA kavramı, Relatif Enerji Eksikliği Sendromu (RED-S) çatısı altında yeniden tanımlanmış ve yalnızca kadın sporcuları değil, tüm sporcu gruplarını kapsayan multidimensional bir sağlık riski olarak ele alınmıştır (Mountjoy et al., 2014). RED-S yalnızca üreme sistemini değil; metabolik, kardiyovasküler, immünolojik ve psikososyal süreçleri de etkileyebilmektedir (Cabre et al., 2022). Güncel araştırmalar, LEA ve RED-S riskinin yalnızca profesyonel elit atletlerle sınırlı olmadığını, amatör ve rekreasyonel düzeyde spor yapan kadınlarda da yaygın olduğunu göstermektedir (Heikura et al., 2021). Bu durum, eğitim düzeyi, beslenme alışkanlıkları ve beden imajı algısı gibi psikososyal faktörlerle de ilişkilidir. Ayrıca bazı branşlar (örneğin jimnastik, uzun mesafe koşu, bale) risk açısından daha yüksek görünmektedir (Logue et al., 2020).

2020 sonrası döneme ait araştırmalar, LEA'nın kadın sporcular üzerindeki yıkıcı etkilerini daha ayrıntılı ortaya koymaktadır. Örneğin, sürdürülen kısıtlı enerji alımı; dinlenme metabolik hızı düşürmekte, bağışıklık sistemini zayıflatmakta ve egzersiz performansını önemli ölçüde azaltmaktadır (Heikura et al., 2018; Brook et al. 2019). Ayrıca güncel incelemeler, LEA'nın kemik mineral yoğunluğunu bozarak stres kırıklarına ve osteoporozla yatkınlığı artırdığını raporlamaktadır (Brook et al., 2019; Nattiv et al., 2021).

LEA'nın fizyopatolojik etkileri; hipotalamus–hipofiz–yumurtalık ekseninde estrogen düzensizliklerine, artmış kortizol düzeylerine ve düşük östrojenin neden olduğu vasküler ve psikolojik etkilerle birlikte kemik sağlığının bozulmasına kadar geniş bir spektrumu içermektedir (Lodege et al., 2022).

Bununla birlikte, klinik gözlem ve tarama sistemlerinin geliştirilmesi, eğitim programlarının yaygınlaştırılması ve multidisipliner sağlık yaklaşımlarının uygulanmasıyla RED-S'in önlenmesi mümkündür. Erken tanı ve doğru yönlendirme, sadece sağlık için değil aynı zamanda performansın sürdürülebilirliği açısından da kritik bir öneme sahiptir (Burke et al., 2018).

Bu makalenin amacı, kadın sporcular arasında yaygın olarak görülen düşük enerji durumu ve RED-S'in temel fizyolojik mekanizmalarını; menstrüel bozukluklar, hormonal düzensizlikler ve kemik sağlığı üzerindeki etkilerini sistematik biçimde tartışmaktır. Ayrıca, 2020 sonrası literatüre dayanarak erken tanı, koruyucu stratejiler ve multidisipliner yaklaşım çerçevesinde kadın sporcuların sağlığını korumaya yönelik öneriler geliştirilmeye çalışılacaktır.

Literatür Taraması

18 kadın futbolcuda yapılan saha çalışmasında, dört günlük diyet ve antrenman kayıtları temel alınarak Low Energy Availability (LEA) oranı %67 olarak belirlenmiştir. Düşük LEA olmayan sporcularla kıyaslandığında, LEA riski altında olanların hem mutlak hem de görel enerji alımı anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür. Ancak araştırmacılar, kullanılan LEAF-Q tarama aracının bu grup için geçerliliğini sınırlı bulmuşlardır (Magee et al., 2020). Hooper (2021)'de yapılan bir araştırmada, kadın cross-country atletlerinde LEA sonucu dinlenme metabolik hızında düşüş, düşük ferritin ve vitamin D düzeyi ile birlikte performans kayıpları gözlemlenmiştir. Bu vakalarda RED-S bileşenleri geçerli markerlarla desteklenmiş ve klinik olarak değerlendirilmiştir. 12 kadın endurans sporcusu üzerinde yapılan randomize crossover çalışmada 14 günlük LEA uygulaması sonucu; periferik kan mononükleer hücreler NADPH oksidaz içeriğinde %94 artış ve kortizol düzeylerinde %22 yükseliş gözlemlenmiş, ayrıca performansta anlamlı düşüş yaşanmıştır. Performans kaybı kısa süreli enerji yeniden dengesiyle bile tam olarak geri gelmemiştir (Cabre et al., 2022). 2022'de yapılan başka bir araştırmada rekreasyonel seviyede spor yapan kadınların %50'si LEA riski taşıdığı bildirilirken %37.5'inde menstrual disfonksiyon, %46'sında adet değişiklikleri tespit edilmiştir. Ayrıca kemik mineral yoğunluğu stabilitesi ile postural denge arasında anlamlı ilişki bulunduğu bildirilmiştir (Gimunova et al., 2024). Schaal (2021)'de uzun mesafe koşucularında LEA ve hormonal değişimlerini incelediği çalışmasında, yüksek antrenman yüküne eşlik eden düşük enerji alımının sonucunda overreaching belirtileri, ovaryen fonksiyonda baskılanma ve hormonal disfonksiyon gözlemlenmiştir. Araştırmacılar bu durumun aynı zamanda kemik sağlığını da olumsuz etkileyebileceğini öne sürmüştür. Endurans sporcularında kemik sağlığını inceleyen bir çalışmada, LEA'nın kemik remodelasyonunu etkileyerek stres kırıklarına predispoze ettiği ve yüksek etkili egzersizin osteojenik potansiyel oluşturduğu vurgulanmıştır. Böylece kemik sağlığı korunabilir bir önlem olarak önerilmektedir (Hutson et al., 2021).

TARTIŞMA

Kadın sporcularda düşük enerji mevcudiyeti (LEA), sadece performans düzeylerini değil aynı zamanda sağlıklarını tehdit eden çok boyutlu bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürde artan sayıda vaka ve gözlemsel çalışma, LEA'nın metabolik, endokrin ve kemik sağlığı üzerindeki etkilerini giderek daha net bir şekilde ortaya koymaktadır (Mountjoy et al., 2023; Heikura et al., 2021). Bu bulgular, RED-S (Relative Energy Deficiency in Sport) çerçevesinde değerlendirildiğinde, sporcu sağlığına yönelik daha bütüncül bir yaklaşım ihtiyacını da beraberinde getirmektedir.

Metabolik ve Hormonal Etkiler

Düşük enerji alımına bağlı olarak sporcularda bazal metabolizma hızı düşmekte, kortizol gibi stres hormonlarında artış gözlenmekte ve bu durum performansın yanı sıra bağışıklık sistemi üzerinde de olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Melin et al., 2015). Nitekim Heikura ve arkadaşlarının (2021) yaptığı çalışmada, kısa süreli enerji kısıtlamalarının bile hormonal dengeyi bozduğu ve ovaryen fonksiyonları baskıladığı gösterilmiştir. Bu tür endokrin bozulmalar, kadın sporcuların fertilitate ve genel sağlık durumlarını tehlikeye atmaktadır.

Kemik Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Low Energy Availability (LEA), özellikle kadın sporcularda, <30 kcal/kg yağsız vücut ağırlığı/gün altındaki enerji alım düzeyleriyle ilişkili olup, özellikle ergenlik dönemindeki genç atletlerde kemik kütlesi kazanımını engellemektedir. Özellikle ergenlik ve genç yetişkinlik döneminde enerji dengesizliği, kemik kütlesi kazanımını engelleyerek stres kırığı riskini artırmakla birlikte ileride osteopeni veya osteoporoz gibi durumların temelini oluşturabilir. Bu bağlamda özellikle menstürasyon düzensizliği yaşayan sporcuların kemik sağlığı değerlendirmelerinin ihmal edilmemesi gerektiği vurgulanmalıdır (Hutson et al., 2020; Tenforde & Fredericson, 2020). Gimunová ve arkadaşlarının (2024) yaptığı çalışmada rekreasyonel kadın sporcuların %50'sinde LEA riski; %46'sında menstrual değişiklik, %37'sinde menstrüel disfonksiyon gözlemlendi. Ancak çoğunda BMD ve postural stabilitede doğrudan etki tespit edilmedi; yine de LEA riskinin yaygınlığı dikkat çekicidir. Ayrıca profesyonel sporcularda yapılan meta-analizde LEA ve menstrual bozukluk oranının daha yüksek olduğu ve BMD'de heterojen sonuçlar olduğu belirtilmiştir; bu da hem elit hem amatör sporcularda enerji dengesi sorunlarına dikkat çekmektedir (Skarakis et al., 2021).

LEA'nın Performans Bileşenlerine Etkisi

LEA'ya bağlı fizyolojik bozulmalar sadece sağlıkla sınırlı kalmamakta, sportif performans üzerinde de belirgin negatif etkiler yaratmaktadır. RED-S vakalarında kas gücünde azalma, aerobik kapasitede düşüş ve toparlanma sürecinde uzama gibi performans kayıpları sıkça bildirilmektedir (Burke et al., 2018). Ayrıca, bazı çalışmalarda kısa süreli enerji alımının artırılmasıyla bu durumların tamamen geri döndürülmesinin mümkün olmadığı ifade edilmiştir (Jurov et al., 2022). Bu da önleyici yaklaşımların ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

LEA, vücudun enerji kullanımında bir tür "tasarruf moduna" geçmesine neden olur. Bu durum, hayati fizyolojik sistemlerin (üreme, hematolojik, bağışıklık, kardiyovasküler vb.) baskılanmasının yanında, kas-iskelet sistemi ve metabolik süreçlerde de azalmaya yol açar (Burke et al., 2018).

Kas Gücü ve Güç Üretimi

Kas glikojen depolarının azalması, protein sentezinde yavaşlama ve endokrin bozukluklar (düşük IGF-1, testosteron, östrojen düzeyleri), kas gücü üzerinde belirgin bir düşüşe yol açar. Bu, özellikle kuvvet-temelli sporlarda performans kaybı olarak yansır (Heikura et al., 2018).

Aerobik Kapasite ve Dayanıklılık

Uzun süreli LEA, maksimal oksijen tüketimi (VO₂max) ve laktat eşiği gibi temel aerobik kapasite göstergelerinde düşüşe neden olur (Mountjoy et al., 2018). Bu da dayanıklılık sporcularında yarışma sırasında erken yorgunluk, tempoda düşüş ve toparlanma sürecinde uzama gibi sonuçlar doğurur.

Toparlanma ve Spora Geri Dönüş

Yetersiz enerji, antrenman sonrası kas onarımını ve glikojen yeniden sentezini geciktirir. LEA olan bireylerde toparlanma süreci uzamakta, sakatlanma riski artmakta ve yoğun antrenman dönemleri sürdürülemez hale gelmektedir (Jurov et al., 2022). Birçok çalışma, kısa vadeli

enerji alımı artışının performans kayıplarını tam anlamıyla telafi etmediğini ortaya koymuştur. Özellikle uzun süreli RED-S durumlarında, kas fonksiyonlarında, kemik yoğunluğunda ve endokrin sistemde geri dönüşü olmayan değişimler görülebilmektedir (Jurov et al., 2022; Melin et al., 2015). Bunun temel nedenlerinden biri, LEA süresinin uzunluğu ile performans kayıplarının ciddiyeti arasında doğrudan bir ilişki olmasıdır. Ayrıca hormonal dengenin yeniden sağlanması, kemik ve kas dokusunun eski haline dönmesi aylar hatta yıllar alabilir (Mountjoy et al., 2018).

Psikolojik ve Motivasyonel Etkiler

LEA'nın neden olduğu yorgunluk, uyku bozukluğu, dikkat dağınıklığı ve depresif belirtiler, sporunun motivasyonunu ve yarışma isteğini azaltır (Slater et al., 2016). Özellikle estetik veya kilo odaklı sporlarda, bu durumun üzerine gelişen beden algısı bozukluğu da performans üzerinde baskı oluşturur.

Tarama ve Tanılama Süreçleri

Literatürde yaygın olarak kullanılan LEAF-Q tarama aracı, bazı sporcularda düşük duyarlılık ve özgülük nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle sadece semptom temelli değil, objektif biyobelirteçlere dayalı tanı süreçlerinin geliştirilmesi önerilmektedir (Heikura et al., 2018). Ayrıca, RED-S tanısının multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması; beslenme uzmanları, spor hekimleri, fizyoterapistler ve psikologların birlikte çalışmasını gerektirmektedir.

Önleme ve Müdahale Stratejileri

Önleyici yaklaşımlar arasında enerji dengesi eğitimlerinin artırılması, genç yaşta spor yapan bireylere beslenme farkındalığı kazandırılması ve antrenörlerin bu konuda eğitilmesi ön plana çıkmaktadır. Ayrıca kısa süreli yüksek etkili egzersizlerin (örneğin plyometrik antrenmanlar) kemik mineral yoğunluğu üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Witzke & Snow, 2020). Müdahale sürecinde ise enerji alımının kontrollü biçimde artırılması, psikolojik destek sağlanması ve düzenli sağlık izlemleri önerilmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kadın sporcularda düşük enerji mevcudiyeti (LEA), yalnızca performansı değil, bütünsel sağlığı tehdit eden sistematik bir sorundur. Özellikle genç yaşlarda ortaya çıkan enerji yetersizlikleri, hormonal dengesizlikler, menstürasyon bozuklukları, kemik mineral yoğunluğunda azalma, psikolojik stres ve uzun süreli performans düşüşü gibi pek çok klinik tabloya yol açmaktadır. Bu durum, yalnızca bireysel sağlık sorunlarına değil, aynı zamanda kadın sporcuların spora devamlılıklarını, rekabet düzeylerini ve kariyer sürekliliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir.

Literatür, RED-S (Relative Energy Deficiency in Sport) tanısının multidisipliner değerlendirme gerektirdiğini açıkça ortaya koymaktadır (Mountjoy et al., 2023). Hem tanı hem de müdahale süreçlerinde sadece tıbbi değil, psikolojik ve beslenme destekli bütüncül yaklaşımlar esastır. Bununla birlikte, LEA'nın uzun vadeli etkilerinin bazı bireylerde geri döndürülemez olması, önleyici müdahalelerin taşıdığı kritik önemi göstermektedir (Jurov et

al., 2022). Erken farkındalık, düzenli tarama ve özellikle enerji alım-dengesi konularında yapılan eğitimsel müdahaleler, kadın sporcularda bu sendromun görülme sıklığını azaltabilir.

Antrenörlerin, sporcu ailelerinin ve sağlık profesyonellerinin bu konuda eğitilmesi; sporcuların beden algısı, performans beklentisi ve beslenme davranışları arasında sağlıklı bir denge kurmalarına yardımcı olabilir. Eğitim ve farkındalık düzeyinin artırılması, yalnızca sağlık kazanımı açısından değil, aynı zamanda sporda sürdürülebilir başarı için de temel olacaktır.

Gelecek çalışmalarda, farklı yaş gruplarındaki kadın sporcular üzerinde daha uzun süreli, prospektif vaka takibine dayalı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle gelişim çağındaki sporcular için LEA'nın kemik sağlığı ve nöroendokrin sistem üzerindeki kalıcı etkileri daha detaylı biçimde incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- Cabre, H. E., Moore, S. R., Smith-Ryan, A. E., & Hackney, A. C. (2022). Relative energy deficiency in sport (RED-S): Scientific, Clinical, and Practical Implications for the Female Athlete. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 73(7), 225–234. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2022.546>
- Lodge, M. T., Ackerman, K. E., & Garay, J. (2022). Knowledge of the female athlete triad and relative energy deficiency in sport among female cross-country athletes and support staff. *Journal of athletic training*, 57(4), 385–392. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0175.21>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R., & 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., Warren, M. P., & American College of Sports Medicine (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(10), 1867–1882. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>
- Brook, E. M., Tenforde, A. S., Broad, E. M., Matzkin, E. G., Yang, H. Y., Collins, J. E., & Blauwet, C. A. (2019). Low energy availability, menstrual dysfunction, and impaired bone health: A survey of elite para athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(5), 678–685. <https://doi.org/10.1111/sms.13385>
- Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A., & Burke, L. M. (2018). Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large impact on bone injury rates in elite distance athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(4), 403–411. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2017-0313>
- Nattiv, A., De Souza, M. J., Koltun, K. J., Misra, M., Kussman, A., Williams, N. I., Barrack, M. T., Kraus, E., Joy, E., & Fredericson, M. (2021). The Male Athlete Triad-A Consensus Statement From the Female and Male Athlete Triad Coalition Part 1: Definition and Scientific Basis. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 31(4), 335–348. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000946>
- Logue, D. M., Madigan, S. M., Heinen, M., Mc Donnell, S. J., Delahunt, E., & Corish, C. A. (2020). Low energy availability in athletes: A review of prevalence, dietary patterns, physiological health, and sports performance. *Sports Medicine*, 50(1), 73–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01281-3>
- Hooper, D. R., Mallard, J., Wight, J. T., Conway, K. L., Pujalte, G. G. A., Pontius, K. M., Saenz, C., Hackney, A. C., Tenforde, A. S., & Ackerman, K. E. (2021). Performance and health decrements associated with relative energy deficiency in sport for division I women athletes during a collegiate cross-country

- season: A Case Series. *Frontiers in endocrinology*, 12, 524762. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.524762>
- Gimunová, M., Bozděch, M., Bernaciková, M., Fernandes, R., Kumstát, M., & Paludo, A. (2024). The relationship between low energy availability, injuries, and bone health in recreational female athletes. *PeerJ*, 12, e17533. <https://doi.org/10.7717/peerj.17533>
- Schaal, K., VanLoan, M. D., Hausswirth, C., & Casazza, G. A. (2021). Decreased energy availability during training overload is associated with non-functional overreaching and suppressed ovarian function in female runners. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 46(10), 1179–1188. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0880>
- Tenforde, A. S., & Fredericson, M. (2011). Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 3(9), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>
- Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholtz, I. L., & Melin, A. K. (2018). Pitfalls of conducting and interpreting estimates of energy availability in free-living athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(4), 350–363. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0142>
- Witzke, K. A., & Snow, C. M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(6), 1051–1057. <https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00003>
- Keay, N., & Francis, G. (2022). The role of relative energy deficiency in sport (RED-S) in bone health of female athletes. *Current Osteoporosis Reports*, 20(2), 84–92. <https://doi.org/10.1007/s11914-021-00712-z>
- Mountjoy, M., Ackerman, K. E., Prado, K., Budgett, R., Logan, K., Alonso, J. M., ... & Ljungqvist, A. (2023). International Olympic Committee (IOC) consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2023 update. *British Journal of Sports Medicine*, 57(6), 297–312. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106622>
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sidelmann, J. J., Aziz, M., & Sjödin, A. (2015). Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(5), 610–622. <https://doi.org/10.1111/sms.12261>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R., & 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J. K., Burke, L. M., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., Lebrun, C., Lundy, B., Melin, A. K., Meyer, N. L., Sherman, R. T., Tenforde, A. S., Klungland Torstveit, M., & 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099193>
- Sim, A., & Burns, S. F. (2021). Review: questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes. *Journal of eating disorders*, 9(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40337-021-00396-7>
- Slater, J., McLay-Cooke, R., Brown, R., & Black, K. (2016). Female recreational exercisers at risk for low energy availability. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26(5), 421–427. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0245>
- 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. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2065111>

- Magee, M. K., Lockard, B. L., Zabriskie, H. A., Schaefer, A. Q., Luedke, J. A., Erickson, J. L., Jones, M. T., & Jagim, A. R. (2020). Prevalence of low energy availability in collegiate women soccer athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(4), 96. <https://doi.org/10.3390/jfmk5040096>
- Hooper, D. R., Mallard, J., Wight, J. T., Conway, K. L., Pujalte, G. G. A., Pontius, K. M., Saenz, C., Hackney, A. C., Tenforde, A. S., & Ackerman, K. E. (2021). Performance and health decrements associated with relative energy deficiency in sport for division I women athletes during a collegiate cross-country season: A case series. *Frontiers in endocrinology*, 12, 524762. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.524762>
- Gimunová, M., Bozděch, M., Bernaciková, M., Fernandes, R., Kumstát, M., & Paludo, A. (2024). The relationship between low energy availability, injuries, and bone health in recreational female athletes. *PeerJ*, 12, e17533. <https://doi.org/10.7717/peerj.17533>
- Karine Schaal, Marta D. VanLoan, Christophe Hausswirth, & Gretchen A. Casazza. 2021. Decreased energy availability during training overload is associated with non-functional overreaching and suppressed ovarian function in female runners. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 46(10): 1179-1188. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0880> cdnsiencepub.com.
- Hutson, M.J., O'Donnell, E., Brooke-Wavell, K. *et al.* Effects of Low Energy Availability on Bone Health in Endurance Athletes and High-Impact Exercise as A Potential Countermeasure: A Narrative Review. *Sports Med* 51, 391–403 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01396-4>
- Skarakis, N. S., Mastorakos, G., Georgopoulos, N., & Goulis, D. G. (2021). Energy deficiency, menstrual disorders, and low bone mineral density in female athletes: a systematic review. *Hormones (Athens, Greece)*, 20(3), 439–448. <https://doi.org/10.1007/s42000-021-00288-0>