

依頼総説

女性アスリートの利用可能エネルギー不足と栄養指導

小清水 孝子

大妻女子大学家政学部食物学科

女性アスリートの三主徴、スポーツにおける相対的なエネルギー不足は、利用可能エネルギー不足が始まりと考えられている。つまり、エネルギーバランスが負の状態、女性アスリートのパフォーマンス低下や健康に影響を及ぼすリスクとなっている。

エネルギー不足改善のための栄養指導では、食事からのエネルギー摂取量を増加し、トレーニング量に見合った糖質量を摂取することが重要となるが、体重増加や競技成績への影響などの心理面への考慮も必要となる。

本総説では、女性アスリートのエネルギー不足の実状と、改善のための栄養指導の課題点について検討する。

キーワード：利用可能エネルギー不足 女性アスリートの三主徴 スポーツにおける相対的なエネルギー不足 糖質 栄養教育

I はじめに

2021年に開催された第32回オリンピック競技大会（2020/東京）において、日本代表選手団は過去最高となる58個のメダルを獲得した。メダル獲得数のうち女性種目の割合は51.7%と半数を上回り、日本人女性アスリートの活躍は近年めざましい。その一方で、長時間に及ぶ強度の高いトレーニングや、競技種目に適した身体組成の維持・獲得のための過度な食事制限などが引き金となり、女性アスリート特有のスポーツ障害に苦しんでいるケースも少なくない。

2017年4月、東京大学医学部附属病院女性診療・産科に、女性アスリート特有の健康問題に対しスポーツ障害予防やコンディショニングの点から診療を行う「女性アスリート外来」が日本の国立病院で初めて開設された。開設から～2022年3月までの5年間に受診した女性アスリート596名（延べ2,939名）のうち、初診時の診断は「利用可能エネルギー不足（LEA：low energy availability）による無月経」が302名（50.7%）と半数以上を占めており¹⁾、エネルギー不足は、女性アスリートの健康問題のリスク要因となっている。

本稿では、エネルギー不足が根本的な原因となる女性アスリート特有の健康問題と改善のための栄養指導について述べる。

II 利用可能エネルギー

利用可能エネルギー（EA：energy availability）は、総エネルギー摂取量から運動によるエネルギー消費量を引いて除脂肪量（FFM：fat free mass）で除した値で、EAが30 kcal/kg FFM/day 未満でLEAとしている²⁾。しかし、エネルギー摂取量、運動によるエネルギー消費量をスポーツ現場で厳密に評価することは難しく、アメリカスポーツ医学会（ACSM：American College of Sports Medicine）ではLEAの第一段階のスクリーニングとして、①BMI 17.5 kg/m²以下（成人）、②標準体重の85% 以下（思春期）、③1か月の体重減少が10%以上、を示している²⁾。LEAの状態が続くと脳下垂体からの黄体化ホルモン（LH：luteinizing hormone）の律動的な分泌が抑制され視床下部性無月経につながる事が報告されている³⁾。LEAから視床下部性無月経に至り、低エストロゲン状態が長期間続くと、骨量の減少や骨粗鬆症を引き起こし⁴⁾、疲労骨折のリスク因子となる。10代の日本人女性アスリートでは、無月経で12.9倍、低骨量で4.5倍、低体重で1.1倍、疲労骨折のリスクが上昇するとの報告もあり⁵⁾、LEAを予防・改善することは、女性アスリートのスポーツ障害予防の観点からも重要である。さらにLEAは、身体面では、血清脂質の上昇、グルコース、血圧、安静時代謝の低下、内分泌障害（トリヨードサイロニン、コルチゾール、インスリン様成長因子-1、

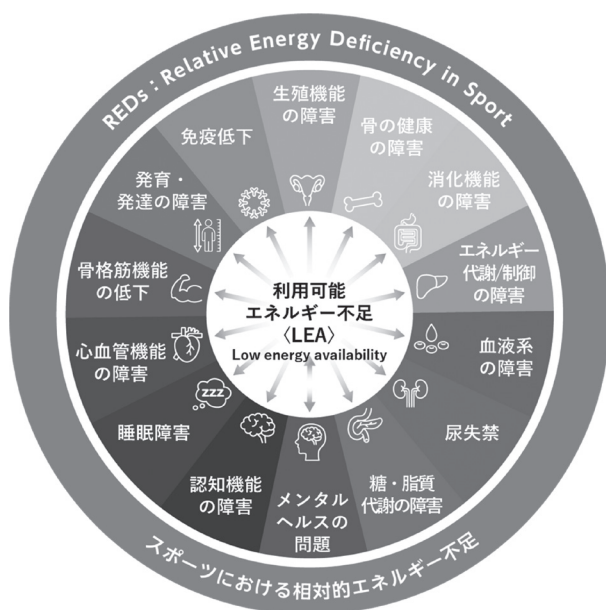


図 1-1 REDsの健康概念モデル

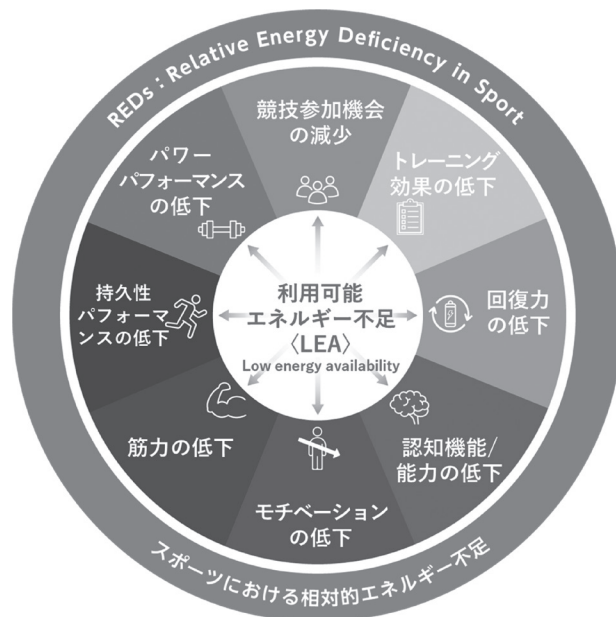


図 1-2 REDsのパフォーマンス概念モデル
(文献13より改変した図を文献15より引用)

グレリン、レプチン、インスリン) など、精神面では、摂食障害、オーバートレーニング、自己肯定感の低下など、行動面では、集中力とトレーニング応答の低下、けがのリスクの上昇、パフォーマンスと筋力の低下など、様々な健康問題とパフォーマンスに影響する⁶⁾。

Ⅲ 女性アスリートの三主徴

1997年、ACSMは女性アスリート特有の健康問題として、「摂食障害」「無月経」「骨粗鬆症」を女性アスリートの三主徴 (Triad: female athlete triad) として定義した⁷⁾。しかし、摂食障害に至る前段階から無月経や骨粗鬆症のリスクが高まることから、2007年に「摂食障害の有無によらないLEA」「視床下部性無月経」「骨粗鬆症」がTriadであると再定義した⁸⁾。さらに、2014年には、Triadの治療と競技への復帰のためのコンセンサスが提唱された²⁾。Triadはそれぞれが単独に横並びしているのではなく相互に影響しあっており、Triadの始まりはLEAと考えられている。

10～20歳代の日本人女性トップアスリート300人を対象にした調査では、LEAの頻度は14.0%、視床下部性無月経の頻度は39.0%、低骨量の頻度は22.7%で、三主徴すべてを満たす割合は5.3%、約5人に1人が低骨量であることが報告されている⁵⁾。男性アスリートについても、持久系や体重階級制の思春期や若年男性アスリートに最も多くみられる、「摂食障害の有無によらないLEA」「機能性視床下部性性腺機能低下症」「骨粗鬆症」を男性アスリートの三主徴 (male ath-

lete triad) として2021年に合意声明が発表され⁹⁾、診断、治療、競技復帰についても示されているが¹⁰⁾、3項目の関連について明確ではない点も多く、さらなる研究・調査データが必要であることが示されている。

Ⅳ スポーツにおける相対的なエネルギー不足

2014年、国際オリンピック委員会 (IOC: International Olympic Committee) は、総エネルギー消費量に対してエネルギー摂取量が少ない負のバランス状態を、スポーツにおける相対的なエネルギー不足 (RED-S: Relative Energy Deficiency in Sport) としてコンセンサスを提唱し、内分泌、代謝、免疫機能、心血管系、発育・発達、骨の健康など、アスリートの健康やパフォーマンスに影響を及ぼすことを示した¹¹⁾。RED-SはTriadよりもアスリートのエネルギー不足によるスポーツ障害をより広くとらえた概念で、女性アスリートだけでなくすべてのアスリートを対象としている。2018年にアップデートされ¹²⁾、その後、RED-Sに関する170を超える研究発表があったことを背景に、2023年、新たな概念に更新されたREDsのコンセンサス (普及と理解向上のために、元の頭文字「RED-S」から、「REDs」に変更された) と¹³⁾、臨床カルアセスメントツールとして、IOC REDs Clinical Assessment Tool-V.2 (IOC REDs CAT 2)¹⁴⁾が示された。更新されたREDsの概念は、LEAへの曝露による健康とパフォーマンスへの影響の結果として示されている。LEAの影響は連続的であり、LEAの状態が軽度で一

表1 LEA改善のための対策

ACSM の対策
<ul style="list-style-type: none"> ・最近減少した体重をもとに戻す ・正常月経周期が維持できる体重に戻す ・成人ではBMI18.5 kg/m² 以上、思春期では標準体重の90%以上を目標とする ・エネルギー摂取量は最低2,000 kcal/day とする ・エネルギー必要量に、エネルギー摂取量を20～30%加える (エネルギー必要量が2,000 kcal/day の場合200～600 kcal/day 加える) ・EA：45 kca/kg FFM/day 以上 ・トレーニング量を減らす
IOC の対策
<ul style="list-style-type: none"> ・最近のエネルギー摂取量に300～600 kcal/day 加える ・トレーニング量を見直す ・食事に関するストレスを減らし、食事内容を見直す ・カルシウム：1,500 mg/day ・ビタミンD：1,500～2,000 IU/day (血中25(OH)D：32～50 ng/mL に保つ)

(文献2, 11を基に作成)

時的な期間では、身体はLEAに適応しているが(矢印の白い部分)、LEAが極度に不足し、長期間に及ぶ場合は適応できず(矢印のグレーの部分)、その結果REDsにより引き起こされる様々な症候群と関連している(図1-1・1-2)¹⁵⁾。

Triad、REDsともに、運動量に見合ったエネルギー量を食事から摂取し、LEAの状態が長期間に及ばないようにすることが重要であることを示している。

V LEAによる無月経日本人女性アスリートの食生活傾向

筆者が日本人女性アスリート77名を対象に実施した調査では¹⁶⁾、13%が無月経、35%が月経不順で、無月経女性アスリートのEAは25.8 kcal/kg FFM/dayとLEAであった。無月経女性アスリートの摂取エネルギー量は、正常月経、月経不順の女性アスリートと比較して有意な差はみられない一方で、総エネルギー消費量、運動によるエネルギー消費量は、有意な差はみられないものの多い傾向であった。つまり、運動量が多く、それに見合ったエネルギー量を食事から摂取できていなかった。栄養素摂取状況は、たんぱく質は摂取できているが、糖質の摂取量が不足している傾向にあった。減量のために食事制限をしているLEAの女性アスリートでは、主食の「ごはん」の量が極端に少なく、重量をきっちり量る、糖質を多く含む食品や脂質の多い調理法を極端に制限する、低・ノンエネルギー食品ばかり選択する、「こだわりの食品」があり、それしか食べなくなる(例えば、豆腐とおからを毎食おかずにする、主食はオートミールしか食べないなど)といった食行動が多くみられる¹⁷⁾。このような食行動

異常は摂食障害につながる可能性も高いので留意が必要である。多くの研究では、アスリートはスポーツをしていない人と比較して摂食障害になるリスクが高いことが報告されており^{18), 19)}、ACSMが示しているTriad早期発見のためのスクリーニングの質問項目には、摂食障害に関してもあげられている²⁾。日本においても、女性アスリートの摂食障害スクリーニングテストが開発されており²⁰⁾、周囲が早期に女性アスリートの食行動異常に気づき、対処していくことが重要である。

VI LEA改善のための栄養指導

1. LEAに至る要因

LEA改善のための栄養指導は、まずはEAが不足した原因を見きわめることが大切である。EAは前述したように、総エネルギー摂取量から運動によるエネルギー消費量を引いてFFMで除して算出されるので、減量などによる極端な食事制限で摂取エネルギー量が減少するだけでなく、トレーニング量が増加することでもLEAを生じることとなる。それゆえ、LEAに至る要因としては、①強度の高いトレーニングを長時間実施することで、エネルギー消費量が増加し、食事からのエネルギー摂取量が追いつかない(トレーニング量・強度が急に増強した時に起こりやすい)、②減量のための過度な食事制限によるエネルギー摂取量の減少があげられる。女性アスリートの過度な減量、トレーニング量・強度が増える背景には、指導者、文化、家族、やせ願望など社会的、心理学的、行動学的な様々な側面が関わっている²¹⁾ことも考慮したうえで、栄養指導することが重要となる。

2. 目標とするエネルギー付加量の設定と栄養アセスメント

LEA改善のためには、食事からのエネルギー摂取量を増加する、または/かつ、トレーニング量を減らしてエネルギー消費量を減少させることである。エネルギー摂取量をどれくらい増加するかに関して、ACSMとIOCが示している対策を表1に示す^{2),11)}。しかしながら、減量のための過度な食事制限によりLEAに至った女性アスリートは、エネルギー摂取量を増やすことでの体重増加に不安を抱き、食事を増やすことを拒むことも多く、もともと少ない食事にACSMやIOCが示すようなエネルギー摂取量を付加することは難しい。これらの点から、一律にエネルギー摂取量の付加量を決めるのではなく、栄養アセスメントを実施し、その結果に基づいて、女性アスリートがLEAに陥った原因や生活・トレーニング環境、試合スケジュールなどの背景を把握したうえで、個々に実現可能なエネルギーの付加量と、その付加量をどの栄養素から、どのようにとるのかを設定することが必要である。

栄養アセスメントの項目としては、食事調査（エネルギー・各栄養素摂取量など）、活動量調査（総エネルギー消費量、運動によるエネルギー消費量）、生化学検査（血液検査、骨密度など）、体組成測定（身長、体重、体脂肪率など）、臨床診査（減量歴、疲労骨折の既往歴、体重の変化、トレーニング量・強度・環境の変化などについて確認）などがあげられる。LEAの女性アスリートでは、LH、卵胞刺激ホルモン、エストラジオールが低下すること²⁾、EAが増加するとLHも平行して増加すること²²⁾が報告されており、EA増減の栄養アセスメント項目として参考になる。

スポーツ現場で、栄養アセスメント項目の詳細な調査が難しい場合、LEAで無月経の女性アスリートでは、たんぱく質の摂取量は足りているが、糖質の摂取量が不足している傾向にあるため^{6),16)}、主食の摂取量には注意が必要であることから、まずは、食事と補食で摂取している主食や果物など、主に糖質源となる食品の摂取量を聞き取り、糖質の摂取量を概算するとよい。IOCの糖質摂取のガイドライン²³⁾を参考に、摂取量がトレーニング時間・強度に見合っているか確認し、足りない分を糖質の付加量として設定する。

さらに、LEAで無月経の女性アスリートは骨密度が低下するリスクが高くなるので、骨を形成しているカルシウムとカルシウムの吸収を高めるビタミンDを不足なくとることが示されている^{11),12)}。カルシウムは、日本人にとって不足しがちな栄養素のひとつであり、吸収率の低い栄養素である。ビタミンDは、腸管でのカルシウムの吸収促進や、骨へのカルシウム沈着を促すことから、骨の健康に不可欠な栄養素である。近年では、骨格筋におけるビタミンDの機能や、免疫

機能などに関連することなどが報告されており²⁴⁾、アスリートのコンディショニング維持に重要な栄養素である。ビタミンDは紫外線により皮膚で合成することができるので、体内のビタミンD濃度は日光をあびる時間、日焼け止めの使用などに影響をうける²⁵⁾。そのため、日照時間の少ない地域や屋内競技スポーツのアスリートは留意が必要である。日本は日照時間に恵まれているが、日本人アスリートの多くは体内のビタミンDが不足しており^{24),26)}、食事からの摂取が重要となる。IOCが示すカルシウムとビタミンDの摂取量は、日本人にとっては高い値である。まずは、日本人の食事摂取基準2020年版に示されている推奨量を目標とし、カルシウム、ビタミンDを多く含む食品を積極的に取り入れたい。

エネルギーおよび、各栄養素の付加量を設定後は、体重の増減、月経状況、骨密度、などをモニタリングしながら、設定した付加量調整していくことが必要である。

3. 栄養指導の留意点

エネルギーおよび、栄養素付加量を設定しても、トレーニング時間が長く食事・消化時間が十分にとれない、トレーニングの疲労による食欲低下、強度の強いトレーニングをこなすためにトレーニング前の食事を軽めにする、エネルギー摂取量を増加することでの大幅な体重増加の不安、体重増加による競技成績への影響、体重増加に関する指導者からのプレッシャーなど、様々なトレーニング状況や不安が原因となり、食事量の増加を行動に移せない女性アスリートが多いのも実状である。そのため、付加量を「食べてもらえる」ようにするためには、女性アスリートが抱える個々のトレーニング・食環境の問題点や、不安を把握したうえで、食生活改善のための具体的な対策を提案していくことが必要である。また、指導者が、食事や栄養に関しての間違った知識や思い込みを女性アスリートに指導している場合もあるので、必要に応じて指導者への栄養教育も考慮する必要がある。

VII LEAの改善と体組成への影響

先述したように、LEA改善のために食事量を増加することで、体重が大幅に増加し、競技成績に影響するのではないかと不安を抱くアスリートは多い。LEA改善のためのエネルギー摂取量の付加と体重の変化について、無月経および希発月経の女性アスリート45名を対象に3か月間の栄養介入をした報告では、介入後エネルギー摂取量、EAはともに増加したが、有意な体組成の変化は認められなかった²⁷⁾。

筆者が、LEAに伴う視床下部性無月経と診断され、栄養指導介入後に自然月経回復がみられた女性アスリート12名を対象に実施した調査においても、介入

後、EAと糖質の摂取量は増加したが、体重の顕著な増加はなく、FFMの増加によるところが大きかった²⁸⁾。個人差もあり、さらなるデータの蓄積が必要ではあるが、栄養指導介入により、FFMの増加を伴う体重増加により、LEAを改善できることが考えられる。

Ⅷ おわりに

LEAの女性アスリートの多くは、ジュニア期から減量のために過度な食事制限繰り返していることが多い。TriadやREDsに陥らないためにも、LEAになってからの対処ではなく、栄養アセスメントを定期的に行い、LEAの兆候を早期に検出し予防していくことが大切である。そのためにも、指導者、保護者、医師（婦人科、内科、整形外科、心療内科など）、養護教諭、スポーツ医・科学などの他領域の専門家と公認スポーツ栄養士、管理栄養士が連携できる体制の構築が課題となると考える。

利益相反

本論文に関連して開示すべき利益相反はない。

著者貢献

著者TKは原稿の執筆および校閲を行った。

文献

- 1) 中村寛江, 能瀬さやか: 女性アスリートのサポートを考える 産婦人科医の立場から—女性アスリートにおける月経対策の現状—, 整形・災害外科, 65,1503-1512 (2022)
- 2) De Souza,M.J., Nattiv,A., Joy,E., et al.: 2014 female athlete triad coalition consensus statement on treatment return to play of the female athlete triad: 1st international conference held in San Francisco, California, May 2012, and 2nd international conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013, *Br. J. Sports. Med.*, 48, 289 (2014)
- 3) Loucks, A.B., Thuma, J.R.: Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 88, 297-311 (2003)
- 4) Morselli,E., Santos, R.S., Criollo,A., et al.: The effects of oestrogens and their receptors on cardiometabolic health, *Nat. Rev. Endocrinol.*, 13, 352-364 (2017)
- 5) Nose-Ogura,S., Yoshino,O., Dohi,M., et al. : Risk factors of stress fractures due to the female athlete triad : differences in teens and twenties, *Scand. J. Med. Sci. Sports.*,29, 1501-1510 (2019)
- 6) Logue,D.,Madigan,S.M.,Delahunt,E.,et al.: Low energy

availability in athletes : A review of prevalence, dietary patterns, physiological health, and sports performance, *Sports. Med.*, 48,73-96 (2018)

- 7) Otis,C.L., Drinkwater,B., Johnson,M. : ACSM Position Stand : The Female Athlete Triad, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 29, i-ix (1997)
- 8) Nattiv,A., Loucks, AB., Manore,M.M., et al. : American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 39, 1867-1882 (2007)
- 9) Nattiv,A., De Souza,M.J., Koltun,K.J., et al.: The male athlete Triad – A Consensus Statement from the female and male athlete triad coalition part 1: Definition and scientific basis, *Clin. J. Sport. Med.*, 31,335-348 (2021)
- 10) Fredericson,M., Kussman,A., et al. : The male athlete Triad – A Consensus Statement from the female and male athlete triad coalition part II : diagnosis, treatment, and return-to-play, *Clin. J. Sport. Med.*, 31,349-366 (2021)
- 11) Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke L., et al.: The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) , *Br. J. Sports. Med.*, 48,491-497 (2014)
- 12) Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., et al.: IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S) : 2018 update, *Br. J. Sports. Med.*, 52,687-697 (2018)
- 13) Mountjoy, M., Ackerman,K.E., Bailey, D.M., et al.: 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) , *Br. J. Sports. Med.*,57,1073-1097 (2023)
- 14) Stellingwerff, T., Mountjoy,M., McCluskey,W.T., et al.: Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V.2 (IOC REDs CAT2)—by a subgroup of the IOC consensus on REDs, *Br. J. Sports. Med.*, 57,1109-1118 (2023)
- 15) 東京大学医学部附属病院女性診療科・産科 : Conditioning Guide for Female Athlete1 無月経の原因と治療法について知ろう! (改訂第2版), pp23 (2023), デュナミス, 東京
- 16) 小清水孝子 : 産婦人科医による「エネルギー不足」改善にむけての栄養指導法の提案, 日本産科婦人科学会雑誌, 68 (付録), 16-24 (2016)
- 17) 平池 修, 能瀬さやか編著 : 女性スポーツ診療ガイドブック, pp74 (2020), 中外医学社, 東京
- 18) Bratland-Sanda,S.,Sandgot-Borgen,J.: Eating disorders in athletes : overview of prevalence, risk factors and recommendations for prevention and treatment, *Eur. J. Sport. Sci.*,13,499-508 (2013)

- 19) Joy,E., Kussaman,A., Nattiv,A.,et al.: 2016 update on eating disorders in athletes: A comprehensive narrative review with a focus on clinical assessment and management, *Br. J. Sports. med.*, 50, 154-162 (2016)
- 20) Chiba,Y., Nose-Ogura,S., Sekiguchi,K., et al.: Development of University of Tokyo's eating disorders inventory in female athletes, *J. Obstet. Gynaecol. Res.*, 49,1854-1866 (2023)
- 21) Melin,A.K., Heikura,I.A., Tenforde,A., et al.: Energy availability in athletics: health, performance, and physique, *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 29, 152-164 (2019)
- 22) 石井美子, 能瀬さやか, 亀井明子: 無月経トップアスリートへの栄養指導による energy availability と黄体化ホルモンの変化の検討, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 27,206-213 (2019)
- 23) Burke,L.M., Hawley,J.A.,Wong,S.H.: Carbohydrates for training and competition, *J. Sports. Sci.*, 29, S17-27 (2011)
- 24) 津川尚子: 日本人のビタミンD栄養の現状と骨および筋肉における役割, *日本スポーツ栄養研究誌*, 13, 9-15 (2020)
- 25) Holick,M.F. : Vitamin D deficiency, *N. Engl. J. Med.*, 357, 266-81 (2007)
- 26) 虎石真弥, 藤井瑞恵, 堀内麻央, 他: 大学生ラグビー選手の血清 25 ヒドロキシビタミンD濃度と体組成の関連, *体力科学*, 72, 289-296 (2023)
- 27) Lagowsa,K.,Kapczuk,K.,Friebe,Z., et al. : Effects of dietary intervention in young female athletes with menstrual disorders, *J. Int. Soc. Sports. Nutr.*,11, 21 (2014)
- 28) 小清水孝子, 糟谷美律, 宇津野彩, 他: 無月経女性アスリートにおける月経回復のための利用可能エネルギーと体組成の検討, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 31, S249, (2023)

Invited Review

Nutritional education to improve the low energy availability in female athletes.

Takako KOSHIMIZU

Department of Food Science, Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University

ABSTRACT

Low energy availability is thought that the starting point of female athlete triad and Relative Energy Deficiency in Sports. In other words, it is a state of energy deficiency with a negative energy balance, which poses a risk to the performance and health of female athletes. In regard to nutritional education to improve energy deficiency, while the intake of carbohydrates corresponding to the amount of training is important, it is also necessary to consider psychological aspects, such as weight gain and the effect on the performance. In this review, we discuss the status of energy deficiency among female athletes and nutritional education intervention to improve it.

Keywords: low energy availability, female athlete triad, Relative Energy Deficiency in Sports, carbohydrate, nutritional education