

中高部活女子コンディションサポートガイド

中高部活女子を指導・サポートする皆様へ

中高生年代(思春期)は、大人の身体への変容の大事な時期

中高生年代の思春期は、身体が大きくなる『成長』に引き続き、目的に合わせてより身体を充実させていく『成熟』の過程にあたります。学校で運動部活動に所属している女子生徒(以下、中高部活女子)にとっては、競技成績を上げていくことを同時にしていかなければならない時期にあたります。この時期には、身体を動かす「筋肉」と身体を支える「骨」の強度を高めておかなければ、スポーツによって身体が受ける負荷に耐えられなくなってしまいます。しかし、内臓機能の充実に加えて、内臓の保護とエネルギーの保持を目的とする「体脂肪の増加」が同時に起こるため、**中高部活女子は「運動しているのに太ってしまった」という大きな誤解を生んでいるのが現状です。**

「体重が増えた」ではなく「LBM(除脂肪体重)を増やそう！」

中高部活女子は「痩せなきゃ、身体が重たくなって動きが悪くなる！」と勘違いしています。体重を気にするあまり、食べるものを減らそうとするのですが、身体を作る「タンパク質」はあまり減らすことはせず、「糖質」と「脂質」のエネルギー源を減らそうとしてしまいます。すると、運動によって働く「エンジン＝筋肉」に合わせた燃料「ガソリン＝糖質」が必要であるにもかかわらず、「ガソリン＝糖質」が不足している状態になってしまうということです。

「体重が増えた＝体脂肪が増えた」ではないため、成熟によって増える、「筋肉、骨、内臓、血液」の重さを知るために、体重から体脂肪を除いた「**LBM**」を測定することを推奨します。中高部活女子にとっては、スポーツを行うと増える「筋肉」の重さがどれくらい増えたかを、LBM 測定によって把握することが大切です。

エネルギー不足は、「無月経」や「鉄欠乏」を引き起こす

定期的に月経があるということは、筋肉がついて骨も強くなるエネルギーが充足している状態で、LBM の増加がみられ、競技力向上につながる状態ですが、月経周期が長くなり、「無月経」となると、「**エネルギー不足のサイン**」です。

同様に、「鉄欠乏」が疑われる症状がみられるのも、「**エネルギー不足のサイン**」といえます。糖質が不足してエネルギー不足になると、鉄の吸収が悪くなることがわかってきました。まずは、「**糖質が不足していない？**」と問いかけてみてください。

スポーツを続けられるように「レッドカード」の状態にさせない

これまで、エネルギー不足の問題は「女性アスリートの三主徴 (FAT)」として捉えられてきました。しかし「国際オリンピック委員会 (IOC)」が『**相対的エネルギー不足 (REDs)**』という概念 (2023 年に改定) を提言したことで、女性に限らずスポーツを行う男女に共通した問題であることが示されました。

とりわけ、中高部活女子には、**REDs の状態が多くみられますが**、「糖質」摂取を増やすことで解決できるのが、「**イエローカード**」の状態です。解決できない、「**レッドカード**」(無月経や鉄欠乏症、疲労骨折などに陥ってしまった状態)にさせないためにも、中高部活女子と最も身近に接している部活動顧問や養護教諭の皆様のサポートが必要です。**中高部活女子が、健康で、長くスポーツを続けられるようにサポートをお願いいたします。**

「中高部活女子コンディションサポートガイド」の使い方

本ガイドは、学校内で、運動部活動の顧問や保健体育科教員および養護教諭などが、講習会や授業および部活動ごとの勉強会等を開催する際、中高部活女子に正しい知識を得ていただくために、補足を加えるための解説・補足説明書です。「中高部活女子サポート動画」に対応した「ガイド」になっていますので、動画視聴と併用してご活用ください。

本ガイドを活用し、中高部活女子はもとより、運動部活動の顧問や保健体育科教員および養護教諭の皆様の知識、認識向上のお役に立てれば幸いです。

【動画1】理想の身体は筋肉と骨で作れる！～相対的エネルギー不足の自己評価方法～

動画 1-①筋肉・骨が増えるチャンス	2
動画 1-②LBMを確認しよう	4
動画 1-③エネルギー不足を予防しよう	6

【動画2】月経とうまく付き合おう！～スポーツと月経の関係～

動画 2-①スポーツと月経	8
動画 2-②セルフチェックをしよう	9

【動画3】ケガをしにくい身体を作ろう！～鉄不足はエネルギー不足になるサイン～

動画 3-①スポーツ選手の鉄は筋肉優先	10
動画 3-②効果的に鉄を摂取しよう	11



参考文献

- 1) Hayashi, N., Ishibashi, A., Iwata, A., Yatsutani, H., Badenhorst, C., & Goto, K. (2022). Influence of an energy deficient and low carbohydrate acute dietary manipulation on iron regulation in young females. *Physiological Reports*, 10(13), e15351.
- 2) Logue, D. M., Madigan, S. M., Melin, A., Delahunt, E., Heinen, M., Donnell, S. J. M., & Corish, C. A. (2020). Low energy availability in athletes 2020: an updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients*, 12(3), 835.
- 3) MacKelvie, K. J., Khan, K. M., & McKay, H. A. (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *British journal of sports medicine*, 36(4), 250-257.
- 4) 松田貴雄, 佐藤弘樹. (2018). 思春期女性アスリートの稀発月経・無月経診断のための血中総テストステロン基準範囲設定の試み. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 26(3), 363-368.
- 5) 松本善企, 松田貴雄. (2018). 症例報告 長期にわたるエネルギー利用度の低下により成長スパートが欠如し, 競技復帰が困難であった女性アスリートの三主徴例. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 26(3), 490-495.
- 6) 宮崎保. (1997). 運動と貧血—発育期における運動と貧血とくに鉄欠乏性貧血を中心に— . *体力科学*, 46(5), 529-533.
- 7) Mountjoy, M., Ackerman, K. E., Bailey, M. D., Burke, L. M., Constantini, N., Hackney, A. C., Heikura, I. A., Melin, A., Pensgaard, A. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J. K., Torstveit, M. K., Jacobsen, A. U., Verhagen, E., Budgett, R., Engebretsen, L., 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.
- 8) 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*, 49(1), 491-497.
- 9) 大野ゆう子, 田原佳子, 村田光範ほか. (1988). 身長成長速度曲線のパターンによる成長期の区分. *日本小児科学会雑誌*.
- 10) 大須賀稯, 能瀬さやか. (2016). アスリートの月経周期異常の現状と無月経に影響を与える因子の検討. *日本産科婦人科学会雑誌*, 68(4), 4-15.
- 11) Rickenlund, A., Carlström, K., Jörn Ekblom, B., Brismar, T. B., von Schoultz, B., & Hirschberg, A. L. (2003). Hyperandrogenicity is an alternative mechanism underlying oligomenorrhea or amenorrhea in female athletes and may improve physical performance. *Fertility and sterility*, 79(4), 947-955.
- 12) 桜間裕子, 鈴木志保子, 松田貴雄, 鯉川なつえ. 日本版 Female Athlete Triad スクリーニングシートの検討～女子中高生アスリートを対象として～. *順天堂大学スポーツ健康科学研究第10巻第1号(通巻75号)* 2019年12月.
- 13) Weber, D. R., Leonard, M. B., Shults, J., & Zemel, B. S. (2014). A comparison of fat and lean body mass index to BMI for the identification of metabolic syndrome in children and adolescents. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99(9), 3211-3217.

監 修 松田 貴雄 (独立行政法人国立病院機構西別府病院 生殖・遺伝科医長 / スポーツ医学センター センター長)
鯉川なつえ (順天堂大学スポーツ健康科学部 教授 / 女性スポーツ研究センター 副センター長)
北出 真理 (順天堂大学大学院医学研究科産婦人科学 教授 / 女性スポーツ研究センター 副センター長)

発 行 日 2024年2月29日

発 行 女性スポーツ研究センター
〈サテライトオフィス〉

東京都文京区本郷 2-1-1 順天堂大学 TEL: 03-5844-6537 FAX: 03-5844-6538

デザイン 株式会社デュナミス

本ガイドは、令和5年度スポーツ庁委託事業「女性アスリートの育成・支援プロジェクト「中高部活動における女子生徒の課題解決型実践プログラム」の一環として作成しました。

※本ガイドを無断で複製・転載することは、著作権法上での例外を除き禁じられています。

① 筋肉・骨が増えるチャンス 動画補足資料

要点

中高生年代は、「筋肉」を増やし、「骨強度」を高めるのに最適な時期

女子中高生の8割は、「エネルギー不足による無月経のリスクがある」と報告(右の解説参照)されている。このリスクは、故意に無理な体重制限をしてしまう人だけに生じると思われがちであるが、全く体重を気にしていない人にも生じる。

エネルギー不足に陥ってしまうと、元気に楽しくスポーツに取り組むことができなくなる恐れがあるため、この時期の体重増加はどういう仕組みによるものなのかを生徒に正しく理解してもらうことが重要である。

中高女子の減量 調査結果

中学校と高校の運動部に所属する生徒と運動習慣のない生徒、計1214人を対象に、「食べるものを制限したり、慎重にコントロールしたことがあるか」という質問に、「ある」と回答した割合。



運動する生徒・・・81.1% 運動習慣のない生徒・・・80.7%

*H29年度スポーツ庁委託事業
女性アスリートの育成支援プロジェクト「女性スポーツ医学普及啓発プログラム」

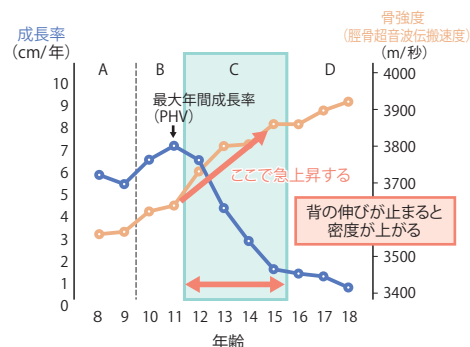
成長期・思春期の体重増加

理由その1：身長が成長がある

身長が伸びる分、骨も比例して長くなり、筋肉も増えるので、体重は当然増える。その重さの影響で骨密度が上昇するため、身長が伸びた後に骨が強くなる。

中高部女子年代は、女性が骨を強くできるゴールデンエイジにあたる(図1参照)。女性は、11～14歳に骨密度の年間増加率が最も高く、19歳頃に骨量のピーク(peak bone mass; 最大骨量)を迎える。

ところが「エネルギー不足」に陥っていた場合、「無月経」になり、それを放置することで「骨粗鬆症」となり、疲労骨折などを起こしやすくなる。これが「女性アスリートの三主徴(FAT)」である。



出典：松田貴雄：『女性と運動』より 高橋香代：子供の骨発達と健康、Osteoporosis Japan 2002

図1. 成長スパートと骨強度

理由その2：骨格筋の増加が続く

思春期に入ると性ホルモンの分泌が増加する。性ホルモンは筋タンパク質の合成を促進するため筋肉量が増加する。

筋肉はその4分の3が水分でできており、筋肉が増加すると水分が増えるため、体重が増加していると考えられる。

筋肉は、体水分とタンパク質、ミネラルで構成されている。体脂肪率20%の女子であれば、80%がLBMであり(図2)、その4分の3が水であるため、体重の約60%が水の重さといえる。

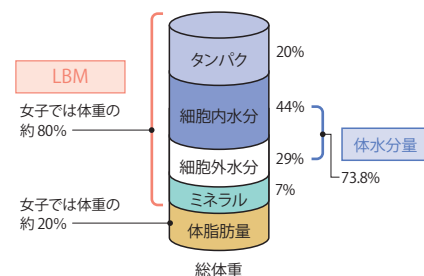


図2. 体重の内訳

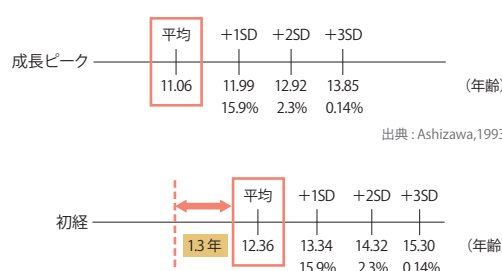
出典：堀理恵ら、2016

生徒へ伝える重要Point

成長期、思春期の体重増加は、主に筋肉と骨。身体を成熟させるために分泌が始まる性ホルモンは筋肉や骨を増やす働きがあり、この時期の体重増加はごく自然で健康的なものである。

成長ピーク / 初経 / LBM の関係

- ・初経があるのは成長ピークを経た上でLBMが増えたサイン
- ・成長ピークが確認できれば、エネルギー不足ではなかったというサイン(初経は成長ピークの平均1.3年後)
- ・初経のあと、身長の伸びが停止する(初経後1年くらい)。昔は、身長の伸びが停止したあとの体重増加は体脂肪の増加と考えられていたが、P3図6「年齢に伴うLBMの変化」グラフにあるように、身長の伸びが停止後2年間くらいはLBM(骨格筋)が増加することにより体重が増えることがわかる。
- ・月経があるということは、性ホルモンが出ている証拠。性ホルモンの分泌が多い方が、トレーニングによって骨格筋がつきやすい。



出典：Ashizawa, 1993

出典：Suwa, 1992

図3. 成長ピークと初経の時期

理想の身体は筋肉と骨で作れる！ ～ 相対的エネルギー不足の自己評価方法 ～

生徒へ伝える 重要 Point

体重の増加の中身が何であるかを知ることが大事。増えたのは「脂肪」ではなく、「筋肉」や「骨」であることを確認するために、LBM をみることが必須である。
考え方として「体重を減らす」ではなく「LBM を増やす」という考え方へのスイッチが必要である。

LBM とは？

LBM とは、体重から脂肪の重さを除いた「筋肉、骨、内臓、血液の重さ」

現在の LBM の計算式：

$$\text{LBM(kg)} = \text{体重(kg)} \times (100 - \text{体脂肪率(\%)}) \div 100$$

身長から計算される、あるべき LBM の計算式：女子

$$\text{LBM(kg)} = 0.5 \times \text{身長(cm)} - 40$$

$$\text{※男子 LBM(kg)} = 0.8 \times \text{身長(cm)} - 80$$

男子の方が性ホルモンが高いので増え方が大きい

LBM 管理に役立つツール

・スラリマッスル

(「中高部活女子対応マニュアル」P10 参照)

・スラリちゃん・伸びマッスル表

身長と LBM のバランス、1 日の必要摂取エネルギーがひと目でわかる確認表

https://research-center.juntendo.ac.jp/jcrws/research-products/support/surari_nobi_muscle/



なぜ LBM？

身長伸びが停止したあとの体重増加は体脂肪の増加と思われていたが、実際は性ホルモンの増加による骨格筋の増加である。体重や体脂肪率だけを管理しても、大切な骨格筋量の増減を把握することはできず、食事制限やダイエットなど誤った選択をしてしまう可能性がある。体組成計を用いて、LBM を定期的に測定していくことが必須である。

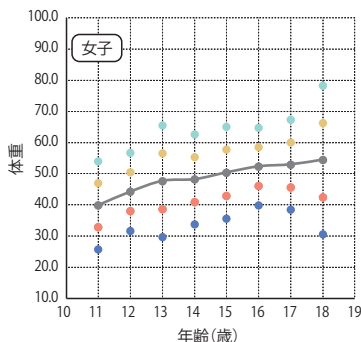


図 4. 年齢に伴う体重の変化

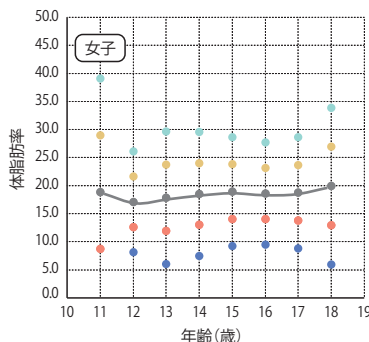


図 5. 年齢に伴う体脂肪率の変化

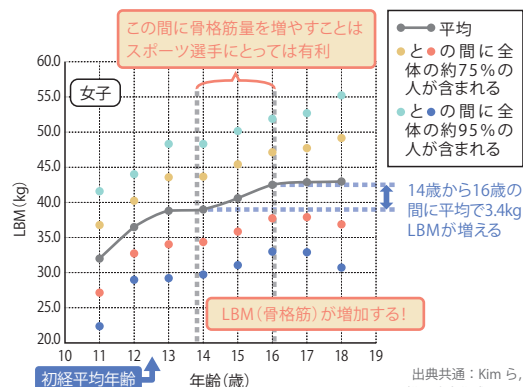


図 6. 年齢に伴う LBM の変化

出典共通：Kim ら，
2016 より松田改変作成，2024

この年代は LBM が増加！

スポーツをする中高部活女子は LBM が増加し続けるため、一般の女子生徒に比べ、基礎代謝量や骨格筋の増加によって必要となるエネルギー量も多くなる。

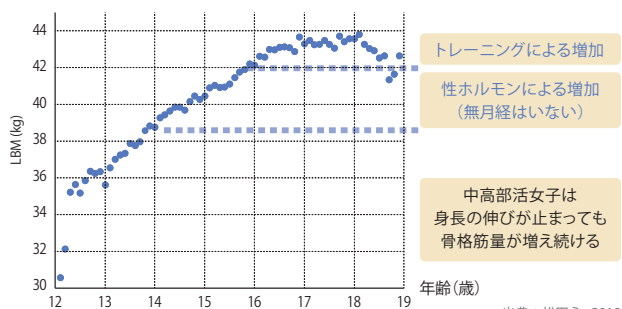


図 7. 日本サッカー協会アカデミー福島女子の LBM 変化

出典：松田ら，2019

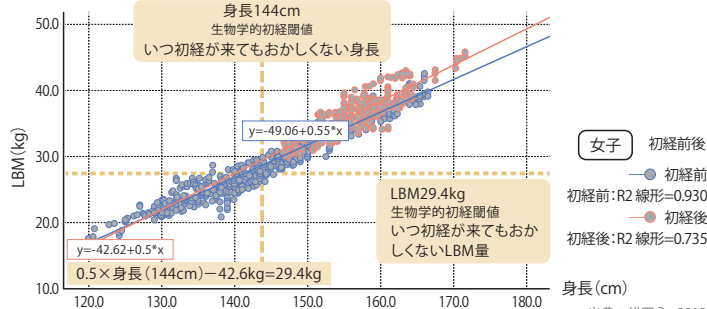


図 8. 初経前後における身長と LBM の相関

出典：松田ら，2019

LBM が増えると良いことがいっぱい！

生徒へ伝える 重要 Point

LBM が増えるということは、筋肉も骨も血液も増えている証拠。
スポーツを頑張る→しっかり食べる→LBM を増やす・骨密度が上がるという好循環が理想。

LBM の増加がもたらすもの

- ①強い筋肉と骨
- ②素早く動ける瞬発力
- ③持久力が高まる
- ④基礎代謝が上がり太りにくくなる

▶ パフォーマンスの向上につながる！

LBM が増えない状態だと

- ①筋肉、腱、骨が損傷しやすい
- ②スピードや瞬発力の低下
- ③持久力の低下
- ④食べる量を増やせない上に、太りやすい

▶ パフォーマンス向上どころか、競技生活も危うくなる



理想の身体は筋肉と骨で作れる！ ～ 相対的エネルギー不足の自己評価方法 ～

② LBMを確認しよう 動画補足資料

要点

中高部活女子は成長期・思春期という大切な時期であり、「発育・発達のため」にエネルギーを必要とする(図9参照)ことから、利用できるエネルギーが不足しないよう特に注意が必要である。

エネルギー不足を防ぐためには、LBM を定期的に測定し、必要なエネルギー量を把握していくことが重要である。

FATに要注意！

女性アスリートが陥りやすい3つの障害を、アメリカスポーツ医学会(ACSM)はFemale Athlete Triadと定義し、警鐘を鳴らしている。

FATとなる根源は、エネルギー不足(Low Energy Availability; LEA)である。

女性アスリートが競技に取り組む際、トレーニングと栄養(エネルギー摂取)のバランスがとれていれば、月経異常も怪我もなく“健康な状態”で運動を継続することができる。

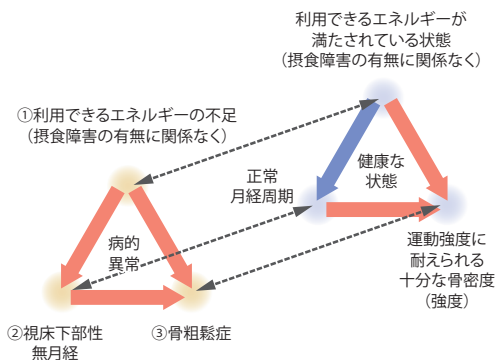
しかし、トレーニングの量や質が高まったにもかかわらず、バランスのよい食事を摂らないまま選手生活を続けていると、エネルギー不足になり、月経不順または完全に月経が止まったり、疲労骨折や靱帯の損傷、怪我の治りが悪いなどパフォーマンスにまで影響を与える事態に陥ってしまう(詳しくはP5参照)。

中高部活女子は、中学入学から部活動を始めたり、高校でよりハードな練習をすることによって、消費エネルギーが増える可能性があるため、利用できるエネルギーが充足している状態であるかを定期的に確認していくことが必須である。



出典：鈴木志保子, 2018

図9. ジュニアアスリートのエネルギー摂取の考え方



出典：Female Athlete Triad (ACSM position stand, 2007) 鯉川改訳図, 2012

図10. 女性アスリートが陥りやすい3つの障害

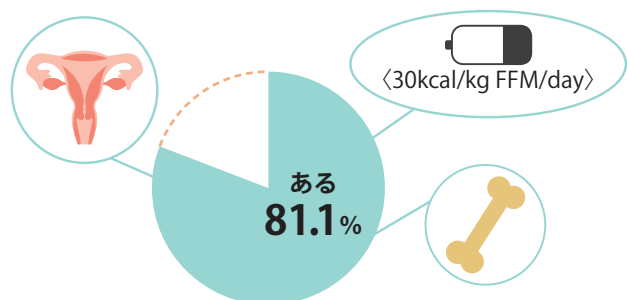
生徒へ伝える 重要Point

エネルギーが運動に使われすぎてしまうと「日常生活」を送るために必要なエネルギーまで減ってしまう。そうすると、体温が下がったり、免疫力が落ちて風邪をひきやすくなるなどの一般的な症状のほか、女子では月経の周期に影響が出る(詳細は動画2参照)ため、エネルギー不足かどうかを知るための最もわかりやすいサインとして月経周期をみることは有効である。

FATの現状

日本の中高部活女子の81.1%が、FATの危険性を有していることがわかっている(図11)。

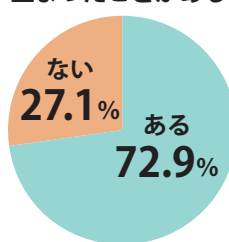
また、日本大学女子駅伝ランナー314人を対象に実施した調査においても、初経後に月経が止まったことがある人は72.9%も存在した(図12)。さらに、これまでに疲労骨折をしたことがあると回答した人は45.5%(図13)であり、17歳での骨折が最も多く、次いで16歳という結果であった。



出典：桜間ら, 2019

図11. FATに陥る可能性のある中高部活女子

初経後に月経が止まったことがある



出典共通：日本大学女子駅伝ランナー調査、女性スポーツ研究センター調べ, 2015

図12. 初経後に月経が止まった経験の有無

疲労骨折をしたことがある

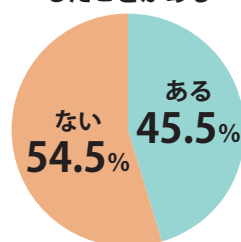


図13. 疲労骨折経験の有無

理想の身体は筋肉と骨で作れる！ ～ 相対的エネルギー不足の自己評価方法 ～

①「利用できるエネルギーの不足」

「エネルギーの不足」の判定

エネルギー不足かどうかを判定する方法として、右の式にあるように、食事で摂取したエネルギーから運動で消費したエネルギーを引いて、LBMで割った数がEA*。30以下がLEA（Low Energy Availability；利用可能エネルギー不足）と判断され、少なくとも45以上は必要とされる。

しかしながら、摂取エネルギーは管理栄養士による食事調査を必要とし、消費エネルギーもウェアラブル端末などを用いた測定を必要とするため、正確に計算することは難しい。

$$EA = \frac{\text{〈摂取エネルギー〉} - \text{〈運動によって消費したエネルギー〉} (\text{kcal})}{\text{LBM} (= \text{体重} - \text{体脂肪量}) (\text{kg})}$$

〈分子が小さい〉

摂取エネルギーが少ない

≒ 食べる量が少ない

運動によって消費したエネルギーが多い

≒ 運動量が多い・運動しすぎ

〈分母が大きい〉

LBM

が多い

LBMが多い方がエネルギー不足になりやすい

REDs* では、〈エネルギー不足によって引き起こされる症状〉によって判断されることが望ましいと提言されている。

〈エネルギー不足によって引き起こされる症状〉

REDsによる健康への影響

- | | | |
|----------------|--------------|------------|
| ① 生殖機能の低下 | ⑥ 尿失禁 | ⑪ 心血管機能障害 |
| ② 骨の健康障害 | ⑦ 糖・脂質代謝の障害 | ⑫ 骨格筋機能の低下 |
| ③ 消化器機能の低下 | ⑧ メンタルヘルスの問題 | ⑬ 発育・発達障害 |
| ④ エネルギー代謝／調節障害 | ⑨ 神経認知機能障害 | ⑭ 免疫能低下 |
| ⑤ 造血機能障害 | ⑩ 睡眠障害 | |

REDsによるパフォーマンスへの影響

- | | |
|-------------------|-----------------|
| ① 病気やけがによる出場機会の減少 | ⑤モチベーションの低下 |
| ② トレーニングの反応低下 | ⑥ 筋力低下 |
| ③ 回復力の低下 | ⑦ 持久力低下 |
| ④ 認知能力・スキルの低下 | ⑧ パワーパフォーマンスの低下 |

*スポーツにおける相対的エネルギー不足 「REDs(Relative Energy Deficiency in sport)」とは

アスリートが運動によって消費するエネルギーに対し、摂取するエネルギーの量が見合っていない場合に、「利用可能エネルギー不足(LEA)」にさらされることによって引き起こされる、生理学的または心理学的に機能が損なわれる症候群のこと。

女性アスリートに限らず男性アスリートにおいても、様々な健康問題を引き起こすとされ、傷害リスクの増大、スポーツパフォーマンスの低下にもつながるとされている。

※詳しくは、中高部活女子向け栄養指導マニュアル
「中高生のエネルギー不足を防ぐために」参照



②「視床下部性無月経(運動性)」スポーツによるエネルギー不足で起こるものを視床下部性無月経という(詳しくは動画2参照)。

③「骨粗鬆症(疲労骨折)」

右図は、疲労骨折を生じた選手が、どのような競技に属するかを示したものである。痩せた人に多いイメージがあるが、パワー系など体格のいい選手にも多いことがわかる。

割合としては持久系、審美系に多いが、実際の患者数は球技系が持久系の1.7倍以上存在していることがわかる。また、中高生では球技系の選手数が多いため、看護教諭が実際に接するのは球技系選手が多くなる可能性が高い。

成長曲線でわかること

中高部活女子のLEAに気づくことができるツールが成長曲線である。この成長曲線を利用すると、選手のこれまでのエネルギー状態を把握することが可能となる。

症例1と症例2はともに高校生になっても初経が来ていない選手である。症例1の選手は11歳くらいから体重の増加がなく、高校生になって疲労骨折があちこちに生じた。症例2の選手は、高校3年間全く月経がなかったにもかかわらず疲労骨折は生じなかった。

2人の違いは成長率曲線を作成してみるとわかる。症例2の選手は、成長ピークが観察されている。成長ピーク後の成熟に関しては、十分ではない可能性があるが、少なくとも身長が増加がみられ、骨に対する負荷があったことで骨密度がある程度獲得されていたことが推測される。

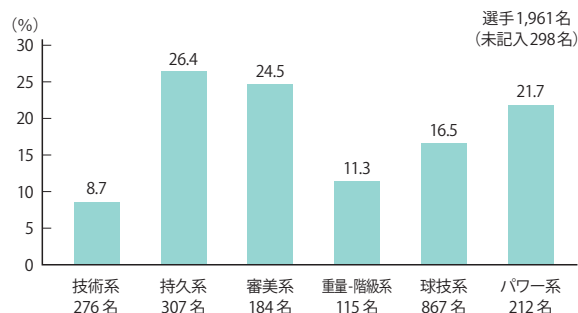


図14. 競技別にみた疲労骨折既往の割合

出典：大須賀ら, 2016

〈症例1〉16歳(駅伝) 疲労骨折多発(治療により月経開始)

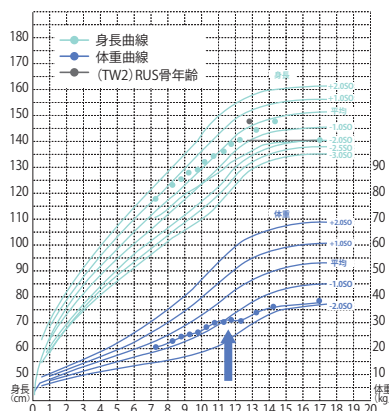


図15. 症例1の身長体重曲線

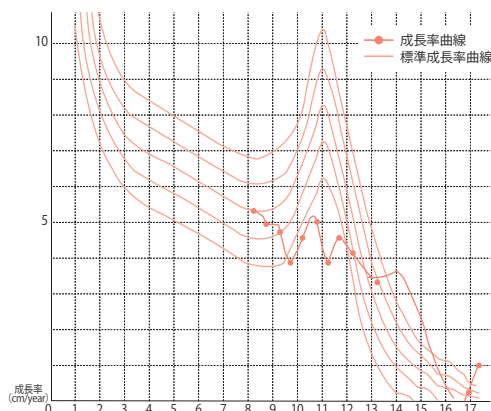


図16. 症例1の成長率曲線

〈症例2〉16歳(駅伝) 疲労骨折なし(高校3年間無月経)

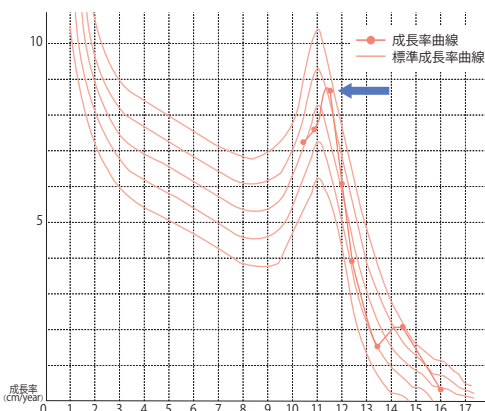


図17. 症例2選手の成長率曲線

出典共通：松本ら, 2018

理想の身体は筋肉と骨で作れる！ ～ 相対的エネルギー不足の自己評価方法 ～

③ エネルギー不足を予防しよう 動画補足資料

要点

必要なエネルギー量を把握することはとても重要である。
スポーツを行うと、様々な理由によりエネルギー消費が増えるため、その増加に見合ったエネルギーを摂取し、エネルギー不足とならないよう注意しなければならない。

LBMで基礎代謝量を計算しよう

JISS 式では右記のとおり 28.5kcal を乗じるが、中高部活女子に対し、おおよその基礎代謝量を知っておこうと促すときには、30kcal を乗じる以下の計算式でよい。

基礎代謝量 = LBM (kg) × 28.5 kcal / 日
〈国立スポーツ科学センター (JISS) 式〉

中高部活女子の基礎代謝量の考え方

基礎代謝量 $\div$ LBM (kg) $\times$ 30kcal / 日

基礎代謝量 $\div$ 体水分量 (kg) $\times$ 40kcal / 日

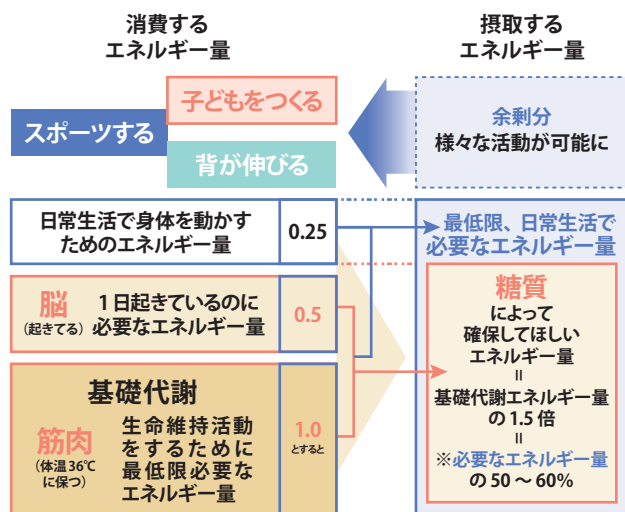
水 1L を 40℃ にするために熱量が 40kcal 必要。
LBM は体水分量の 4分の3にあたるため、基礎代謝に必要なエネルギー量を求めるときには LBM に 30kcal を乗じればよい。

例) 体重 50kg、体脂肪率 20%、LBM40kg の場合

LBM の 40kg に 30kcal を乗じた数字 $\div$ 1200kcal がおおよその基礎代謝エネルギー量となる。

少なくとも基礎代謝分くらいの糖質をとる必要があるが、白米に換算すると、お茶碗 1 膳が 240kcal であるため、5 膳も必要ということになり、かなりの糖質摂取が必要になることがわかる。

脳と筋肉(エンジン)には糖質(ガソリン)が必要



出典：松田，2024

図 18. 基礎代謝量からみた、糖質によって摂取してほしいエネルギー量

基礎代謝に必要なエネルギー量を基準 (1.0) とした場合、1 日起きているのに脳が必要とするエネルギー量は基礎代謝の半分 (0.5)、日常生活で身体を動かすためのエネルギー量は基礎代謝の 4分の1 (0.25) 程度必要となる。そして、摂取するエネルギー量がこれより多くなれば、スポーツなどいろいろな活動が可能となる。

筋肉と脳が使うエネルギーは主に糖質から供給されるため、基礎代謝の 1.5 倍近くは、できれば糖質からのエネルギーで賄うのが望ましいとされる (必要なエネルギー量の 50～60%)。

※しかしながら、世界的にもタンパク質の摂取は足りているものの、炭水化物 (糖質) の摂取が不足していることが、2023 年に IOC コンセンサステートメントで指摘されている。

例) 基礎代謝に 1200kcal 必要な人

(体重 50kg、体脂肪率 20%、LBM40kg) の場合

基礎代謝に必要なエネルギー量が、 $\div$ 1200kcal であるため、1 日起きているために必要なエネルギー量は、1.5 倍の $\div$ 1800kcal
最低限、日常生活に必要なエネルギー量は、1.75 倍の $\div$ 2100kcal
スポーツなど様々な活動をするには、2100kcal 以上エネルギー摂取が必要。

LBM の増減によるエネルギー消費量の考え方

LBM が 1kg 増えると、追加で必要となるエネルギーは 30 kcal にあたり、少なくとも 1 日あたり糖質を 30kcal 増やさないと維持できなくなる。
LBM が 1kg 減っていた場合、30kcal 増やさないとエネルギー不足に陥ることになる。

中高部活女子が運動で使うエネルギー消費の考え方

LBM が 1kg 増えた状態で運動をすると、さらにその分のエネルギー消費量が増加する。

運動 1 時間ごとにおおよそ 10kcal、例えば、朝練と放課後で 4 時間運動したら 40kcal プラスとなる。

これは運動や身体活動の強度の単位であるメッツ * から、消費エネルギーを算出している。

運動種目、強度に差はあるものの、おおよそ 8 メッツ～10 メッツの動き (運動) を 1 時間行くと想定。

・ 8 メッツ - 1 メッツ (生きているだけで使う消費エネルギー) = 7 メッツ $7 \text{ メッツ} \times 1.05 = 7.35 \text{ kcal}$

・ 10 メッツ - 1 メッツ (生きているだけで使う消費エネルギー) = 9 メッツ $9 \text{ メッツ} \times 1.05 = 9.45 \text{ kcal}$

$\Rightarrow$ 約 10kcal のエネルギー消費量が増加することになる。

計算式は、メッツ $\times$ 実施時間 (時間) $\times$ LBM (kg) $\times$ 1.05 = 消費エネルギー (kcal)

* メッツとは、運動や身体活動の強度の単位です。安静時 (静かに座っている状態) を 1 とした時と比較して何倍のエネルギーを消費するかで活動の強度を示す

理想の身体は筋肉と骨で作れる！ ～ 相対的エネルギー不足の自己評価方法 ～

エネルギー不足を予防、改善するための2つの解決策

◎特に炭水化物をきちんと適切な量を食べる

なぜ、糖質が必要？

- ・脳は摂取した糖質の量で、摂取したエネルギー量を判断する
- ・炭水化物は脱水予防にもなる（酸素と結合すると二酸化炭素と水「代謝水」になるため）
- ・糖質が不足すると、タンパク質を糖に変えて（糖新生）エネルギーとして利用してしまう蛋白異化作用が起こり、筋肉が増えない
- ・糖質の不足は鉄の吸収を阻害する（P11「鉄を阻害する『ヘプシジン』とは？」参照）
- ・脳は糖と酸素の不足に一番弱い臓器



糖質摂取が足りない 今の中高生を取り巻く環境

昨今、摂取エネルギーにおける糖質の割合が減少している。世の中には低糖質と謳った商品があふれ、適切な食事をしていると思われる家庭でも糖質摂取が減っているのが実情である。

その原因の一つとして、出産年齢の高年齢化の影響で中高生の両親の年齢は以前に比べて明らかに高齢化しており、これは少なからず、中高生にとって糖質摂取量の減少に拍車をかけているということを認識しておかなければならない。

生徒へ伝える 重要 Point

炭水化物を避ける糖質ダイエットは、この年代にも影響を及ぼしている。
そのため、糖質がなぜ必要かを生徒に理解してもらうことが重要である。

◎しっかり睡眠を取る

睡眠時間＝体を修復する時間。不十分な睡眠では、
身体の持つ力のうち最大 50% 低下させるといわれている。

最初の 90 分は、成長ホルモンの「ゴールデンタイム」

成長ホルモンの分泌のピークは、入眠直後の最初の 90 分（図 19）、すなわち最初の深いノンレム睡眠である。成長ホルモンは、身長の伸びを促進するといった成長以外にも、性ホルモンのバランスを調整し、骨密度を高めるといった、身体の修復に必要な大切な役割を果たしている。

入眠後、速やかに深い眠りにつくために、少なくとも寝る 30 分前には、テレビやスマホを見るのを控えることが重要である。

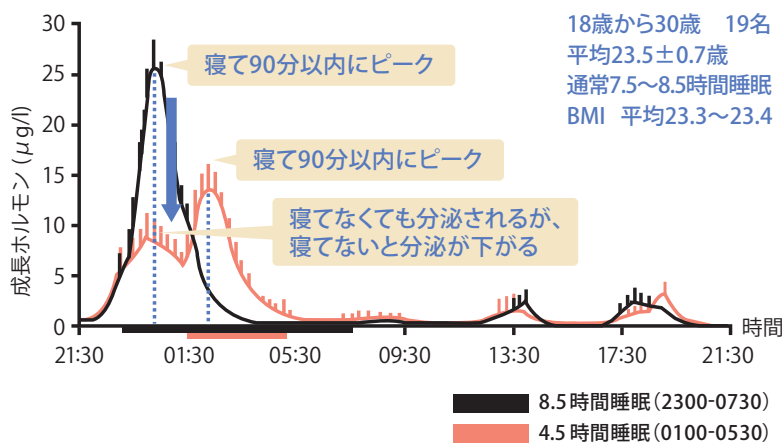


図 19 就寝時刻・睡眠時間の違いによる成長ホルモン分泌の違い

レム睡眠とノンレム睡眠

レム睡眠では、身体は休息した状態だが、脳の活動は起きている状態に近く、記憶の整理や定着などを行っている。レム睡眠中は目がぴくぴく活発に動き、急速眼球運動（rapid eye movement: REM）を伴う睡眠であることからレム睡眠という。

ノンレム睡眠は、レム睡眠ではない(non-REM)眠りという意味であり、眠りの深さによりステージ1～4（浅い→深い）の4段階に分けられる。ノンレム睡眠中、脳は休息していると考えられ、脳や肉体の疲労回復のために重要だとされている。

生徒へ伝える 重要 Point

最初の深いノンレム睡眠が、成長ホルモンの分泌を促す。
成長ホルモンは、成長だけでなく、トレーニングで疲労した身体の修復にも役立つ。

要点

試合や練習において最高のパフォーマンスを発揮する上で、また健康にスポーツを続けるためにも、月経と上手に付き合っていくことが大切である。月経があるということは、スポーツをする人にとって「筋肉・骨が増えても大丈夫！」というカラダのサイン。正常な月経周期にあてはまらず、周期が長かったり、無月経の場合は、エネルギー不足の可能性が高いので、エネルギー不足を改善することが重要である。また、月経で引き起こされる不快な症状がある場合は、病院で相談しよう。

① スポーツと月経 動画補足資料

月経周期とは

正常の月経周期

月経周期とは？

出血があった最初の日から次の出血の前日までを月経周期といい、その周期は 25～38 日が平均的。



月経があるということは、女性にとって、赤ちゃんが産めるくらい「エネルギーに余裕がある」状態を表す。特に、スポーツをする人にとっては、女性ホルモンが分泌している証拠で、体脂肪も増えるが、筋肉もつきやすくなる。(P2 参照)

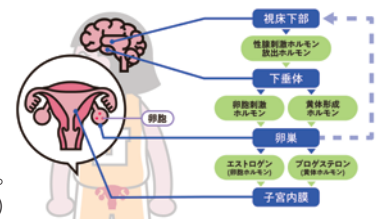
不規則な月経周期

正常ではない月経周期とは？

- ・月経不順 周期が 1 週間以上変動する
- ・稀発月経 月経が 39 日から 89 日の周期でまれに来る

イエローカード

月経周期が正常の範囲にない(25 日未満・39 日以上)場合は、エネルギーが不足しているというサイン。月経の周期が長くなってきた(これまで月 1 回必ずあった人が 2 ヶ月に 1 回になったり、月 2 回になる)場合は、急激に運動量が増加していないか、体重が減少していないかを確認することが大切である。



©Juntendo JCRWS

図 20 月経の仕組み

無月経

月経が 3 ヶ月(90 日)以上来ない

オレンジカード*

*2023REDsで新たに提唱された

- ・視床下部性無月経 エネルギー不足が原因で起こる



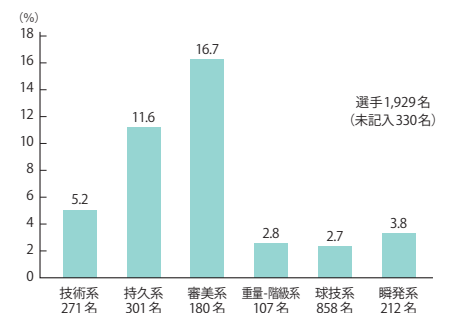
摂取エネルギーが減り、消費エネルギーが増えると、脳が体内の機能の優先順位を判断し、排卵機能を抑制し、視床下部性無月経を引き起こす。競技を中断すると、消費エネルギーが減少し、自然に月経が再開することもある。

重篤な無月経

- ・1 年以上無月経 ・初経遅延：15 歳までに月経が始まらない
- ・原発無月経：18 歳を迎えても月経が始まらない

レッドカード

※高校入学時に初経がない場合は病院を受診するよう促す



出典：大須賀ら, 2016

図 21 競技別にみた無月経既往の割合

症状(引き起こされること)

稀発月経や視床下部性無月経は、エネルギー不足のサイン。その状態が続くと、十分なエネルギーを生み出せず、筋肉量も減少する。また、エネルギー不足を察知した脳の命令で、女性ホルモンの分泌を減らすので、骨を強くする働きも弱まるため、骨強度が低下する。

生徒へ伝える 重要 Point

月経が定期的にあるということは、筋肉がつきやすく、骨も強くなる、つまり LBM の増加がみられ、競技力向上につながる。月経周期が長くなったり、視床下部性無月経は、エネルギー不足のサインであるため、まずはエネルギー不足を改善してみよう。

多嚢胞性卵巣症候群(PCOS; polycystic ovary syndrome)

PCOS は、一般女性よりも筋肉量の多い女性アスリートに多く見られる。卵胞が約 28 日に 1 個のペースで排卵されず(月経不順や無月経の状態)、卵巣内にたくさんの小さな卵胞が育ち、排卵しにくい状態をいう。この状態になると、筋肉がつきやすくなるテストステロン(男性ホルモン)がやや高めとなる。それに伴い、必要なエネルギー量が多くなるため、鉄欠乏性貧血(P11 参照)を引き起こしたり、基礎代謝の増加でエネルギー不足となる可能性もある。

月経で引き起こされる症状

月経前症候群(PMS; premenstrual syndrome)

月経開始日の7～10日前にみられる、下腹部痛、浮腫、体重増加、乳房の張り、眠気、倦怠感、イライラ、便秘・下痢等の不調を総称してPMSと言う。月経開始後に症状が改善されるのが特徴。月経周期に伴う黄体ホルモンなどの変化が原因とみられる。

月経困難症

月経時に、日常生活に支障をきたすような下腹部痛や頭痛、吐き気、腰痛、食欲不振、倦怠感などの症状が出ることをいう。月経随伴症状は、競技中のパフォーマンスを明らかに低下させるため、アスリートにとって、早期に解決したい問題である。

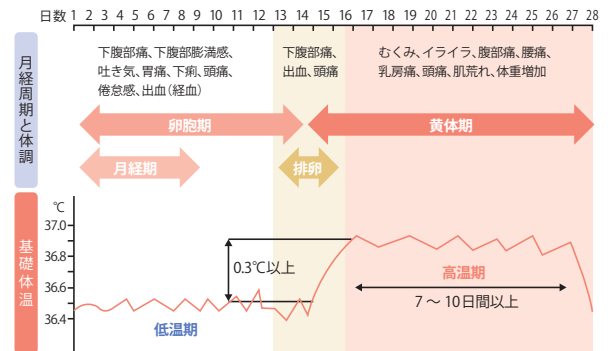


図 22 月経周期ごとの変化

©Juntendo JCRWS

月経とうまく付き合うために

個人差はあるものの、PMS や月経困難症、PCOS、無月経の症状で、競技パフォーマンスに影響を及ぼす場合は、病院に相談をすることが効果的だ。カウンセリングや栄養指導、薬による治療が選択肢としてあげられ、必要に応じて月経に関する困りごとを改善したり、コントロールすることができる。治療としては、女性ホルモンの変動を抑制し、月経移動も可能な低用量ピルも有効である。内服や貼るタイプなど、色々な種類があるので、婦人科医と相談してみよう(低用量ピルは、世界アンチ・ドーピング機構(WADA)が公示する「禁止表国際基準」には含まれていない*)。

*2024年2月29日現在

生徒へ伝える 重要 Point

月経前および月経中に症状がある場合、パフォーマンスが低下する場合があるため、我慢せずに、病院で相談をしよう。

②セルフチェックをしよう 動画補足資料

コンディションをサポートするツールを活用しよう



女性アスリートダイアリー

女性アスリートの体調管理に欠かせない項目を記録していくことで、心身のコンディションの良し悪しを客観的に知ることができる。

〈こんな人にオススメ〉

自身の体調を“書いて”記録し、変化を確認したい。過去の記録と見比べたい。



女性アスリートのための e-learning

女性がスポーツをする上で知っておくべき知識を学ぶためのオンライン学習サポートツール。動画終了後に確認テストもあり、楽しく学ぶことができる。

〈こんな人にオススメ〉

身体の仕組み、栄養の基礎知識を身につけたい。



PPE

PPE for female athletes (女性アスリートの運動参加前健康評価 Pre-participation Physical Evaluation) は、42 の質問項目に回答すると、脳振とう、心臓、一般的病気、骨およびFATに関する状況を、3段階でリスク評価できるオンラインツール。シーズン前に実施しよう。

〈こんな人にオススメ〉

身体の健康状態を客観的に判断したい。シーズンを迎える前に万全な身体に整えたい。



FAT スクリーニングシート

FAT のリスクを簡単な質問に答えるだけで、高い精度で抽出(スクリーニング)できるようになっている。定期的に必ず確認したい。

〈こんな人にオススメ〉

FATのリスクがあるか知りたい。体調不良の原因に気づきたい。



スラリマッスル

身長、体重、体脂肪率を入力すると、LBM や必要エネルギー量が算出される。また、身長に応じた十分なLBM が獲得出来ているかを確認することが可能で、成長期の身体づくりのサポートとして使いたい。

〈こんな人にオススメ〉

身長の伸びに応じてLBMが増えているか確認したい。必要な摂取エネルギーを把握したい。



生徒へ伝える 重要 Point

様々な角度から、自身の健康状態を確認することができるよう、状況や目的に応じたツールを活用し、定期的にスクリーニングを行うことが大切である。自分の身体を知ることが、最高のパフォーマンスにつながる。

① スポーツ選手の鉄は筋肉優先 動画補足資料

要点

成長期・思春期にスポーツをする中高部活女子は、鉄不足に要注意！

貧血はアスリートに起こりやすい症状であり、パフォーマンス低下にもつながる。また、「エネルギー不足のサイン」ともいえるため、「貧血にならないこと＝FATを防ぐこと」だといえる。

成長期・思春期に鉄不足が起こりやすい

小学校高学年から高校までの思春期では、身体が大きく成長するため筋肉や血液を増やす必要があり、鉄の需要が増す。見た目に痩せている人が貧血と思われがちだが、体格がいい人ほど貧血になりやすいともいえる。身長が高いほどLBM(骨格筋)が多いため、特に高身長の人や急激に身長が伸びた人は要注意である。

女性は月経が始まることで貧血の危険性が高まるとされているが、経血によって鉄の排出が増えることだけが貧血の原因とはいえない。

大分県高校生国体レベルの調査(2020～2023)

女子選手 485 人に調査をしたところ、平均以上を満たした割合は、以下のように低い割合であった

ヘモグロビン	13g/dL 以上	54.6%
フェリチン	25ng/mL 以上	47.8%
貧血・鉄欠乏の基準に満たない割合は以下の通り		
ヘモグロビン	12g/dL 未満	12.0%
フェリチン	12ng/mL 未満	24.3%

出典：松田，2024

スポーツをする中高部活女子は鉄が必要！

スポーツをする人は筋肉量が多いため、運動をしない人に比べて鉄が多く必要となる。特にトレーニングによって筋肉が増える場合は、筋肉に鉄が多く供給されることから、赤血球が利用できる鉄が少ない状態になる。そのため小さな赤血球となり、酸素を運ぶ量が減り、鉄欠乏の症状が出ることになる。LBM が増えている時期は、特に鉄分を意識的に摂取することがとても重要である。

スポーツで生じる貧血

もともとスポーツをすることで生じる貧血といえば、陸上長距離やバレーボール、剣道など足裏に強い衝撃を受ける(赤血球の破壊が起こりやすい)競技に多い「運動性溶血性貧血」とされていたが、最近では筋肉に貯まった乳酸などが原因で赤血球が壊れやすくなることで起こる貧血と考えられており、いったん生じると、壊れた赤血球に含まれていた鉄を再利用できなくなることから治りにくいとされている。

鉄の働き

身体の中の鉄の働き

体内の鉄には、赤血球にあるヘモグロビン、筋肉に酸素を蓄えるミオグロビン、肝臓に蓄えられているフェリチンがある。

ヘモグロビンは「お財布」、フェリチンは「銀行口座」のような役割を担い、ヘモグロビンが減るとフェリチンから鉄が供給されるため、血中のヘモグロビン濃度は一定に保たれている(図 23)。

全身にたくさんの酸素が運ばれることは、パフォーマンス向上につながるため、スポーツをする人はしない人よりもヘモグロビン濃度が高いことが望まれるが、ヘモグロビンの低下がみられなくても、フェリチンが低下した段階でパフォーマンスに影響が出るといわれており、このような状態が「スポーツによる鉄欠乏」である。

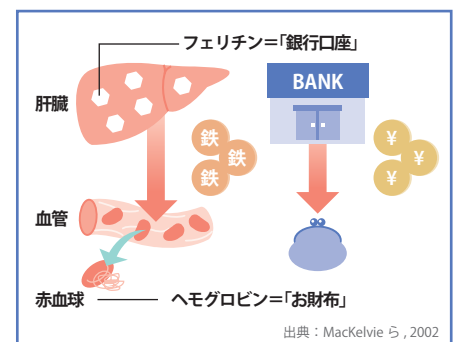


図 23 血色素(ヘモグロビン)と貯蔵鉄(フェリチン)の関係

筋肉の中の鉄の働き

筋肉がエネルギーを生み出すときには酸素が必要である。その理由は、ヘモグロビン鉄から酸素を受け渡されたミオグロビン鉄が、エネルギー産生に働くミトコンドリアに酸素を供給することで、エネルギーをたくさん生み出す良質な筋肉となるからである。

そのため、アスリートは十分に鉄が補充された状態でトレーニングをすることが大切である。

スポーツをする人の筋肉細胞の中では



貧血の男女差

一般的に貧血は女性に多いと思われがちだが、実はヘモグロビン濃度(図 24 参照)は、小児の間は男女同じレベルである。しかし、成長していく過程で男女に違いが出てくる。

その理由は、男性は造血に関わるテストステロンというホルモンが急増することに加え、壊した鉄を再回収するために必要なハプトグロビンの合成も増えるためであり、特に成人男性だけヘモグロビン濃度が突出して高くなり、貧血があまりみられなくなる。

※ヘモグロビンの濃度が10%異なると最大酸素摂取量も10%異なるとされる

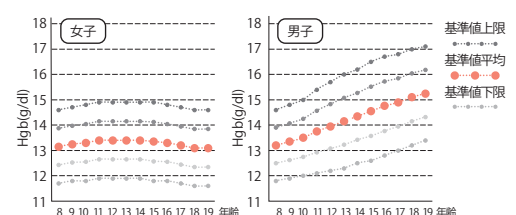


図 24 成長期年齢別ヘモグロビン濃度

ケガをしにくい身体を作ろう！ ～ 鉄不足はエネルギー不足になるサイン～

鉄欠乏になるとどうなる？

こんな症状は 「鉄欠乏」かも!?

貧血になると、疲れやすい、だるい、息切れ、めまいなどの症状が現れ、持久力、動体視力が低下する。また、筋肉に次いで酸素を消費する脳に酸素が行き届かず、判断力や集中力などが低下し、日頃しないようなミスをするようになる。

ミスの例) 卓球・球速についていけない、ラリーが続かない チームスポーツ・連係ミス、サインの読み間違い サッカー・パスミス、トラップミス など

さらには、やる気が低下したり、風邪や胃腸炎になりやすくなったりするのも、エネルギー不足からくる“貧血の影響”が考えられる。

身体の変調に気づいたら、まず LBM を測定してみよう！(生徒へ伝える重要 Point 参照)

鉄欠乏症

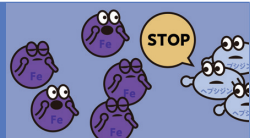
鉄が不足すると生じるのは「鉄欠乏症」。

鉄不足は体内に貯蔵されている鉄の量を表す、フェリチンが低いことで判断される。赤血球の中の酸素を運搬する血色素が低下していない状態でも、鉄欠乏症は起こる。

鉄欠乏性貧血

「鉄欠乏症」にエネルギー不足が合併すると「鉄欠乏性貧血」と呼ばれる状態となり、疲れやすい、だるい、息切れ、めまい、などの症状が表れる。この状態の時に、鉄だけ補充してもなかなか治らないのは、エネルギー不足のままだからである。鉄の補充で一時的に改善がみられても、再び鉄欠乏性貧血になることがよくみられるのは、エネルギー不足が改善されていないからである。

*鉄を阻害する 「ヘプシジン」とは？



肝臓で作られる、抗菌(菌の増殖を防ぐ)物質として見つかったもので、体内の鉄を減らす役割がある。骨格筋でこれ以上エネルギーを作らせないよう鉄不足にし、骨格筋のミトコンドリアに鉄を供給させないのだ。

糖質が少なくなると2.7倍も増加してしまうため、骨格筋が増える時期は特に、糖質を制限したりせず、積極的に摂るよう心掛けたい。

生徒へ伝える 重要 Point

「エネルギー不足になり始めているよ!」と教えてくれる目安が鉄欠乏症の症状である。トレーニングで骨格筋が鍛えられると、エネルギーを生み出せるよう鉄の分布が筋肉に集中するため、身体のほかの場所が鉄不足になって症状が表れる。鉄欠乏の症状が感じられたら、スポーツ選手は LBM を測定して骨格筋が増えていないかを確認しよう!

② 効果的に鉄を摂取しよう 動画補足資料

鉄を摂取するときのポイント!

一般的に、食事から摂取するエネルギーが多くなると鉄の供給が増えるといわれ、例えば 2000 kcal 摂取すると、1 日に必要な鉄 12mg が摂取できるとされてきた。しかしスポーツ選手に必要とされる鉄の量 (15 ~ 18mg) は、食事からの摂取だけでは不足していることがわかってきた。

貧血と言われた場合はエネルギー不足がかなり進行した状態であり、鉄だけ補充してもすぐにまた貧血になることも多い。

糖質不足によりエネルギー不足になると鉄の吸収が落ちるため、十分な糖質を含むエネルギー摂取を心掛けるよう指導していただきたい。スポーツをする人の場合は、食事だけでは補えない分の鉄を補充するために、サプリメントを利用するのも有効である。

※症状が改善しない場合は、医療機関に相談を!



鉄を摂取するときの注意点

ミネラル同士は同時に摂取すると、片方の吸収が行われなくなる特性がある。鉄を摂取する際には、カルシウムを含む牛乳と一緒に摂ると吸収が阻害される可能性があるため、別々に摂取すること。

鉄不足だと怪我 しやすい理由 「コラーゲン」と 「鉄」の関係



靱帯や腱に含まれるコラーゲン。

コラーゲンの強さが低下すると、怪我をしやすくなる。そして、コラーゲンを強くするのに、鉄が必要である。

コラーゲンは3本の鎖でできており、この鎖がしっかりとくっついていることが強さの秘密なのだが、くっつける接着剤「プロリン水酸化酵素」が水酸結合するのに鉄が必要となる。鉄がなければ鎖がほどけ、強さが保てなくなってしまうため、怪我につながってしまうこともある。

生徒へ伝える 重要 Point

トレーニングで LBM が増加してヘモグロビンも低下する貧血状態になったら、鉄投与だけではパフォーマンスは改善しない。そして、すぐにまた貧血に逆戻りしてしまう。鉄の補充だけでなく、LBM が増加した分、糖質で摂取するエネルギー量を増やさなければパフォーマンスは回復しない。