

2. 女性アスリートにおける骨代謝異常と骨折

Bone metabolic disorders and fractures in female athletes

倉林 工*

キー・ワード：女性アスリートの三主徴，利用可能エネルギー不足，無月経

●はじめに—「女性医学」とは—

「女性医学」は，周産期，婦人科腫瘍，生殖内分泌に続く産婦人科の第4の柱で，QOLの維持向上のために，女性に特有な心身にまつわる疾患を，主として予防医学の観点から取り扱うことを目的としている．女性のライフサイクルは，卵巣機能（＝主にエストロゲン分泌）の変化に伴い，小児期・思春期・性成熟期・更年期・老年期と区分されるが，女性のヘルスケアは各ステージごとに独立して考えることはできない．「女性医学」の視点から骨粗鬆症を考えると，腰痛などの自覚症状がなく骨粗鬆症の原因となる合併症や薬物服用がない女性でも，将来の骨粗鬆症による骨折のハイリスク群である低骨密度女性をスクリーニングし，若年期から予防対策をとることが重要である．

●骨粗鬆症予防のための基本戦略

日本女性医学学会初代理事長の水沼英樹先生が最後に執筆された著書「基礎から学ぶ女性医学」には，骨粗鬆症予防のための基本戦略として，更年期前は運動や栄養で最大骨量を増やし，更年期以降は骨量減少予防と骨質改善があげられている

(図1)¹⁾．女性のライフサイクルを骨代謝からみると，初経以降のエストロゲンの増加とともに骨密度が増加し20歳頃には最大骨量に達する．しかし，思春期から性成熟期にかけて，月経不順・体重減少・摂食障害・カルシウム摂取不足・激しすぎる運動などが生じると，この時期の重要な骨密度の増加を阻害する．更年期にはエストロゲンの急激な低下とともに骨吸収が促進され骨密度が急激に減少し，やがて閉経後骨粗鬆症から老年期には骨折の発症へとつながる．老年期には，近年サルコペニア，フレイルも注目され，この時期も適度な運動や栄養が重要である．さらに現在，日本骨粗鬆症学会で精力的に実践されている骨粗鬆症リエゾンサービスも大切な時期である．

女性のライフサイクルからみた生涯スポーツと骨粗鬆症の関わりにおいて，「女性アスリートにおける骨代謝異常と骨折」には，思春期や性成熟期早期からのスクリーニングと介入が必要である．

●女性アスリートの三主徴

女性のライフサイクルを骨代謝からみると，初経以降のエストロゲンの増加とともに骨密度が増加するが，この時期の運動習慣は骨に対して力学的ストレスを加え，骨の強度や骨密度は高くなる．しかし，痩せを要求される陸上長距離，新体操，体操などのアスリートでは，疲労骨折を起こす可能性がある．その背景には，女性アスリートの三

* 新潟市民病院産婦人科

Corresponding author：倉林 工 (takumi@hosp.niigata.niigata.jp)

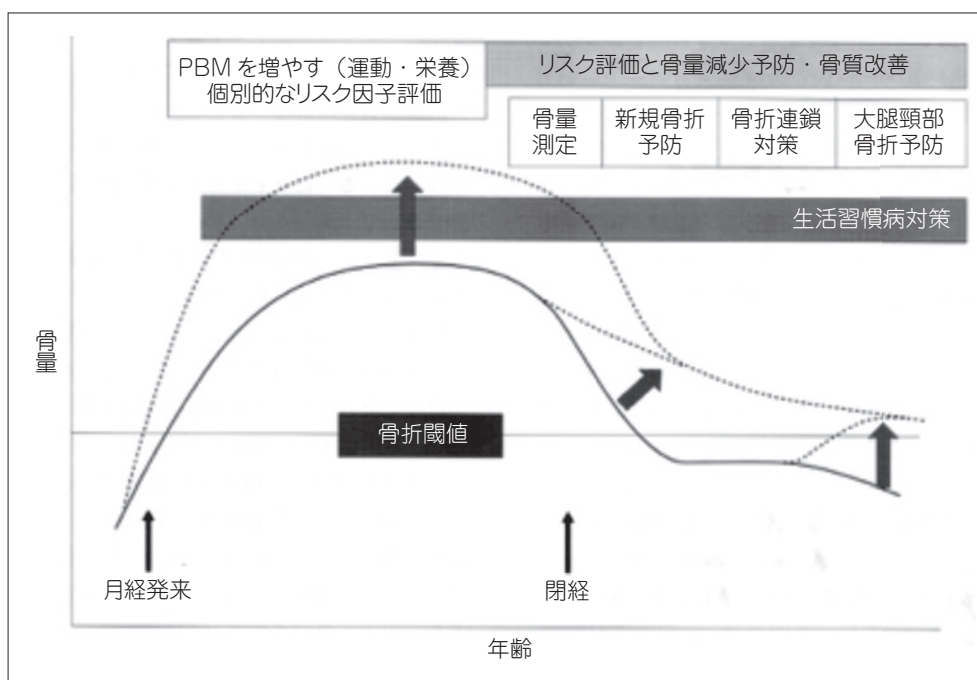


図1 骨粗鬆症予防のための基本戦略（文献1より引用）

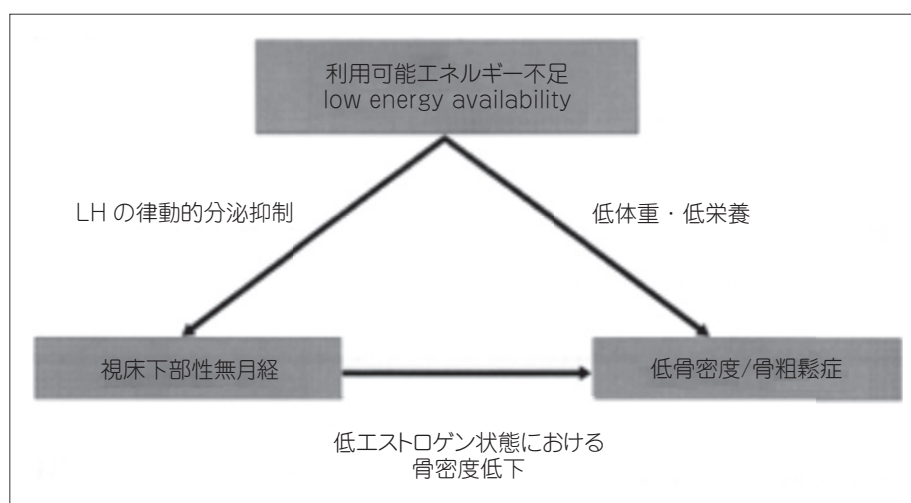


図2 女性アスリートの三主徴（文献2より作成）

主徴 (female athlete triad : FAT) として、①利用可能エネルギー (energy availability : EA) の不足、②視床下部性無月経、③低骨量 (骨粗鬆症) がある (図2)^{2,3)}。この概念はいわゆるアスリート限定でなく、日常生活で運動を頑張っている一般女子生徒・学生にも置き換えることが可能である。

●利用可能エネルギー不足と痩せ

女性アスリートの三主徴の中でも EA (=エネルギー摂取量 - 運動によるエネルギー消費量) 不足

が最も重要であり、EA が1日除脂肪量 1kg あたり 30kcal 未満となると、LH の pulsatility が低下し排卵障害が起こり、低エストロゲンによる無月経が持続し、骨代謝にも大きな影響を与える。アスリートの無月経と低骨量に対する治療は、まず EA を増加させることが基本であり、そのためには栄養調査と栄養指導が有用である。公認スポーツ栄養士への相談も勧められる。しかし、上記エネルギーを厳密に算出するのは専門家でも困難なことも少なくない。そこで EA 不足のスクリーニ

表 1 単純性体重減少性無月経と神経性やせ症の比較（文献 6 より引用改変）

	単純性体重減少性無月経	神経性やせ症
原 因	慢性消耗性疾患や過剰な運動、過激なダイエット	対処困難なストレス要因に対して、痩せることでつらい現実から逃避できるような気分になる心理的な疾患
病 識	あり	なし
治療意欲	あり	乏しい
精神症状	なし	あり：肥満恐怖やボディイメージの障害など
食行動の異常	なし	あり：極端な少食、過食嘔吐
治療	体重回復指導	内科・心療内科・精神科へ紹介

ングとして、a) 成人では Body mass index (BMI) が 17.5 以下、b) 思春期では標準体重が 85% 以下、c) 1 ヶ月の体重減少が 10% 以上、が参考になる⁴⁾。

アスリートに限らず、現在の若い女性は痩せを好み、20 歳代の日本人女性の約 2 割は BMI が 18.5 未満の痩せである。痩せの中には、食行動に関わる精神・行動の異常であり時に死の危険を伴う摂食障害が隠れていることがある。摂食障害は、女性が男性の 20 倍多く、スポーツを行う女性は発症リスクが 2～3 倍高い⁵⁾。完璧主義、脅迫性、優等生や良き人格者であろうと自己研鑽する傾向、忍耐・抑圧などが背景にある。水泳、ランニング競技(陸上、クロスカントリー)、体操、ダイビング、アーティスティックスイミング、レスリング、柔道、軽量級ボート競技でリスクが高い。本人のみでなく、周囲の大人、すなわち保護者や指導者の理解が不可欠であり、アスリートの日常の小さな変化を見逃さないことが望まれる。治療導入は慎重に、最も信頼している人物が対応し専門医の受診が勧められる。

摂食障害による痩せの中でも神経性やせ症 (Anorexia Nervosa: AN) は、i) 必要な摂取エネルギーの制限により、年齢、性、発育や身体的健康に鑑みて著しい低体重に至り、ii) 著しい低体重であっても、体重増加や太ることへの強い恐怖、また体重増加を防ぐための持続的な行動をとり、iii) 体重や体形についての感じ方の障害、自己評価において体重や体形が過度に影響し、現在の低体重の重篤さについて持続的な認識の欠如がある。単純性体重減少性無月経と AN の比較を表 1 に示す⁶⁾。

若い時期の痩せは、その後の生涯の骨代謝にも大きな影響を与える。褥婦の骨密度検診の報告では、痩せの女性は骨密度が低く、BMI 18.5 未満の痩せ褥婦では、腰椎と大腿骨頸部での骨密度の総合診断で、骨粗鬆症レベルが 13.6%、骨量減少が

57.6% を占めていた⁷⁾。また、最近の日本女性ナースヘルス研究報告では、約 15000 人を対象とした 18 歳と中年期 (平均 47.5±5.4 歳) の体格の変化と 40 歳以降の新規骨粗鬆症発症の関連を検討したところ、18 歳で痩せ (BMI<18.5) で中年期でも痩せの女性は、18 歳で普通 (BMI 18.5-24.9) で中年期でも普通の女性に比べ年齢調整 Hazard ratio が 2.0 で有意に高値であった⁸⁾。

さらに、スポーツにおける相対的エネルギー不足 (Relative energy deficiency in sports: RED-S) が生涯の健康に与える影響も考慮すべきである。すなわち、低エストロゲン状態が選手時代の骨に対するリスクばかりでなく、パフォーマンスの低下や将来の健康へも影響を及ぼすことを念頭において診療あるいはヘルスケア教育にあたる必要がある (図 3)⁹⁾。

●視床下部性無月経

前述したように、EA 不足により、LH の pulsatility が低下し排卵障害が起こり、低エストロゲンによる無月経が持続し、骨代謝にも大きな影響を与える。EA 不足の改善を 1 年間行っても効果が認められない場合には、EA 増加を継続しながら、経皮 E₂ 製剤によるホルモン補充療法 (hormone replacement therapy: HRT) を行う (図 4)。アスリートでの HRT 開始基準は、3 ヶ月以上の無月経持続かつ低骨密度または血中 E₂ が 30pg/ml 以下という報告もある。ただし体重減少性無月経で標準体重 70% 未満の場合には原則として消退出血を起こさない¹⁰⁾。

希発月経アスリートに対する HRT による骨密度の増加率は、Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) 低下作用のある内服製剤よりも経皮製剤の方が有効である¹¹⁾。アスリートにとって月経周期に伴う心身の変調やパフォーマンスの低下が大きな問題であり、初経後数年以上経過していれば低用量

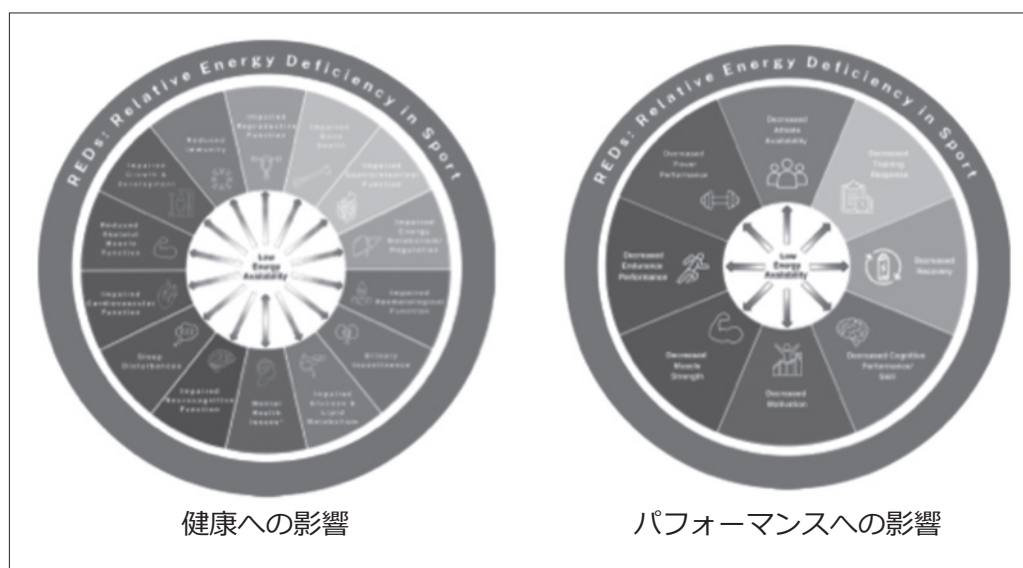


図3 スポーツにおける相対的エネルギー不足（Relative energy deficiency in sports : RED-S）の健康とパフォーマンスへの影響（文献9より引用）

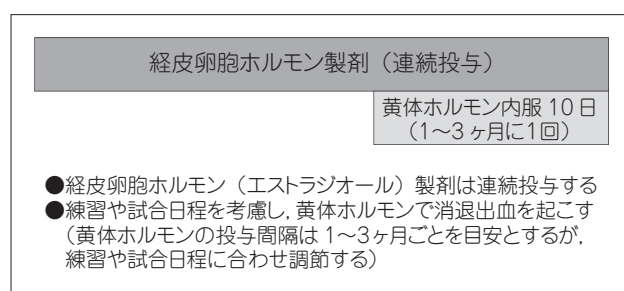


図4 ホルモン療法の投与例

エストロゲン・プロゲステロン配合薬 (LEP) による調節も可能である。骨粗鬆症の薬物療法として活性型ビタミン D_3 やビタミン K_2 も有用である。その他の薬物療法として、ビスホスホネート、デノスマブ、テリパラチド、アバロパラチド、ロモソズマブなどがあるが、現時点では若年女性に対する効果と安全性の面からこれらの薬剤は第一選択薬には推奨されず、選択的エストロゲン受容体モジュレーター (selective estrogen receptor modulator : SERM) はドーピング禁止物質であることに注意が必要である。

●女性アスリートの三主徴に対する治療後の経過

EA 増加が可能ならば、EA の改善効果は数日から数週間で認められる。EA 増加しても無月経の場合に HRT を併用すると、月経の改善は数週から数ヶ月で認められる。しかし EA や月経が改善

しても、骨密度の改善には数年以上を必要とし、場合によっては正常値まで戻らない可能性もある。

●おわりに

アスリートはもちろん、その指導者や保護者も「女性アスリートの三主徴」の理解が重要である。最大骨量は 20 歳頃までにピークに達するが、その頃の痩せや無月経のアスリートは骨粗鬆症のハイリスクであり、骨量測定が望ましい。骨粗鬆症の治療は、まず EA の増加、次に HRT である。骨粗鬆症の予防を通じて、アスリート自身が自分の生涯の健康管理にも目を向けるような教育体制の整備が望ましい。そのためには多職種でのさらなる連携が必要である。

謝 辞

講演の機会をお与えいただきました大会長の大森豪先

生、座長の労をおとりいただきました帖佐悦男先生、山本智章先生に深謝いたします。

本稿は、第35回日本臨床スポーツ医学会学術集会(2024/11/17新潟市)における「シンポジウム 25：生涯スポーツと骨粗鬆症の関わり」において『女性アスリートにおける骨代謝異常と骨折』として講演した内容である。

なお、本稿は日本骨粗鬆症学会誌 Vol.11 No2 (2025年5月発行)の収載論文の二次出版である。

文 献

- 1) 水沼英樹. 基礎から学ぶ女性医学. 東京：診断と治療社；82, 2020.
- 2) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39: 1867-1882.
- 3) 中村寛江. 女性アスリートの三主徴. In：平池 修, 能瀬さやか (編著). 女性スポーツ診療ハンドブック. 東京：中外医学社；43-79, 2020.
- 4) De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. Br J Sports Med. 2014; 48: 289.
- 5) 山口聖子. 摂食障害. In：平池 修, 能瀬さやか (編著). 女性スポーツ診療ハンドブック. 東京：中

外医学社；85, 2020.

- 6) 医療情報科学研究所(編). 病気がみえる Vol.9 婦人科・乳腺外科(第4版). 東京：メディックメディア；2018.
- 7) Kurabayashi T, Nagai K, Morikawa K, et al. Prevalence of osteoporosis and osteopenia assessed by densitometry in Japanese puerperal women. J Obstet Gynaecol Res. 2021; 47: 1388-1396.
- 8) 倉林 工, 長井万恵, 井手野由季, 他. 骨粗鬆症危険因子としての青年期から中年期のBMI変化の重要性：Japan Nurses' Health Studyでの検討. 日本女性医学学会雑誌. 2024; 32: 155.
- 9) Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, et al. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). Br J Sports Med. 2024; 57: 1073-1098.
- 10) 日本産科婦人科学会, 日本産婦人科医会 (編). CQ 312 体重減少性無月経の取り扱い？産婦人科診療ガイドライン-婦人科外来編 2023. 東京：日本産科婦人科学会；130-133, 2023.
- 11) Ackerman KE, Singhal V, Baskaran C, et al. Oestrogen replacement improves bone mineral density in oligo-amenorrhoeic athletes: a randomised clinical trial. Br J Sports Med. 2019; 53: 229-236.