

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

A case study of the female athlete triad: long-term low energy availability led to the absence of growth spurts, impeding return to competition

松本善企*^{1,2}, 松田貴雄*²

キー・ワード : growth spurt absence, stress fractures, low energy availability
成長スパートの欠如, 疲労骨折, エネルギー利用度の低下

〔要旨〕 疲労骨折が複数回生じた原発無月経の女子高校生長距離陸上選手に女性アスリートの三主徴の解消を念頭に介入を行った。エネルギー利用度の低下の改善をはかり、体重、骨密度の増加が見られたにもかかわらず、さらに複数回の疲労骨折が生じ、競技復帰が困難であった。低年齢から競技開始していることから成長曲線を検討したところ、成長スパートが欠如していたことが分かった。十分な体重の増加がみられなかったことからエネルギー利用度の低下が推測された。成長期の身長が伸びて骨量が増加する時期に摂取カロリーの不足かトレーニング強度が高かったため、身長が予測身長に至らず、トレーニングに耐えうる骨密度が獲得されていなかったと考えられた。成長期に体重増加不良といった身体的成長を妨げるようなエネルギー利用度の低下にならないようにすることがのちの思春期以降の疲労骨折の予防につながると考えさせられた症例であった。

はじめに

女性アスリートに多く見られるスポーツ障害の一つに疲労骨折が挙げられる。特に複数回にわたり再発や別部位の新規の疲労骨折を生じるハイリスクな疲労骨折の要因として、女性アスリートの三主徴(Female Athlete Triad: FAT)として、エネルギー利用度の低下(Low Energy Availability: LEA)、視床下部性無月経、骨粗鬆症があり、競技復帰を妨げるとして競技復帰にはこれらの解消をはかるべきと提言され、基準も設けられている¹⁾。このため、疲労骨折を生じたアスリートに無月経があった場合、婦人科を紹介され、FATに対して介入を行うことが一般的となりつつある。

今回われわれは、疲労骨折を複数回生じた選手が原発無月経であったため、FATの解消を念頭に、無月経を改善し、LEAの改善を行った結果、体重の増加がみられ、骨密度が上昇したにもかかわらず、その後の疲労骨折を予防できず、競技復帰に難渋し、最終的に競技復帰できなかった症例を経験した。

思春期以降の女性アスリートの疲労骨折に対して、月経異常が生じてからの対応でなく、成長期からのLEAの予防が重要であることについて考察する。

症例

症例1は初診時、16歳、高校2年生11月。主訴は無月経と左第3中足骨骨折。複数回疲労骨折を生じたため、その原因の解明とFATの解消を目的に来院された。競技種目は陸上競技(中・長距

*1 大分大学医学部整形外科

*2 国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター

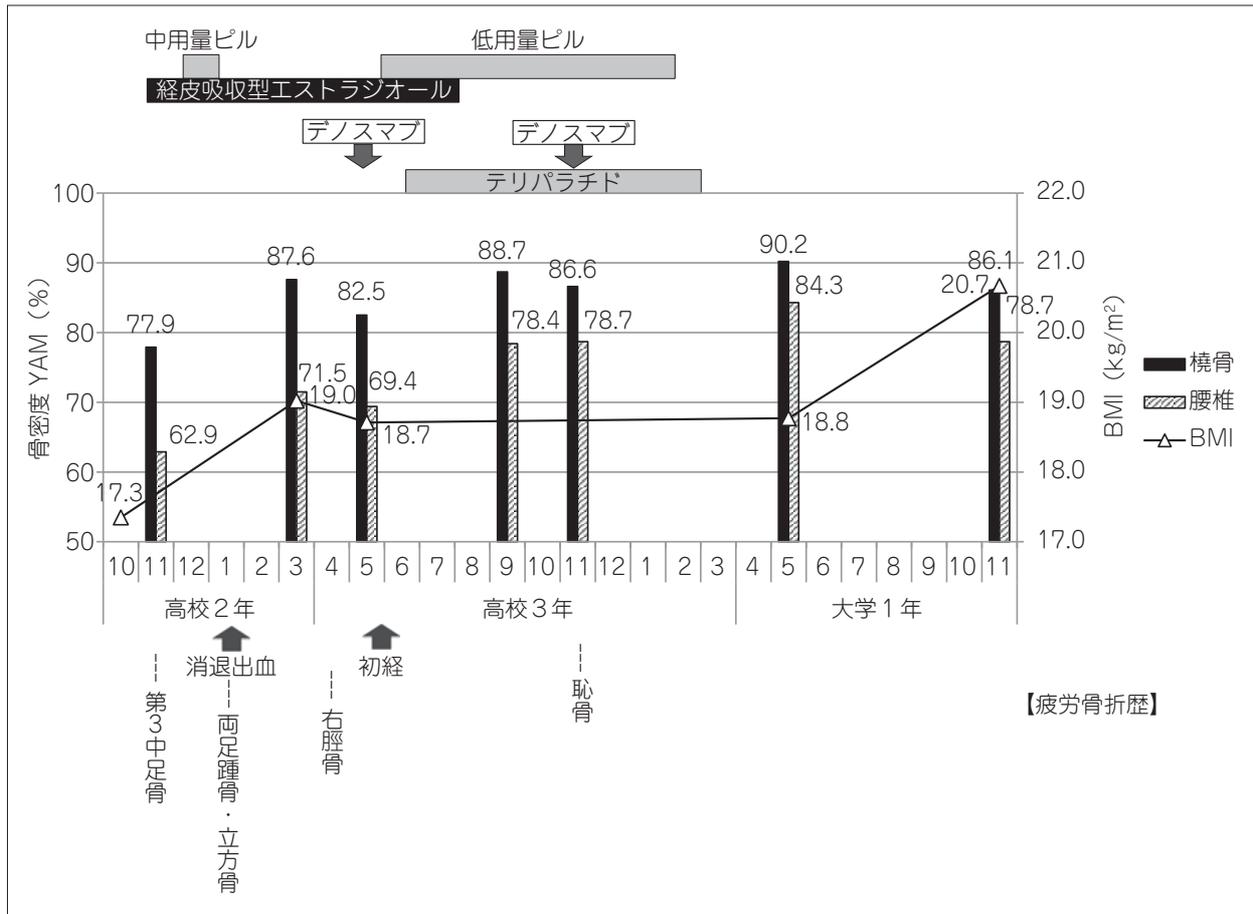


図1 症例1 治療経過と骨密度変化

離). 身長 148cm, 体重 38.0kg, 体格指数 (Body mass index : BMI) 17.3 であった. 家族歴は父が高身長 181cm で, 両親から推測される予測身長は 161cm であった. 父は高校入学後に身長が増加が著しく, それまでは低身長であったとのことであった. 同胞 2 名 (弟, 妹) も低身長 (-2SD) を指摘されている. 競技歴は 10 歳, 小学 4 年生から駅伝, 中学生時の競技成績は県内トップクラスであった. 高校は県内有数の強豪校で, 寮生活であるが, 食事は選手自身が共同で調理している.

既往歴は中学 2 年生時, 貧血を指摘され, 鉄剤の投与を受けていた. スポーツ障害として高校 1 年生 1 月に左右第 5 中足骨疲労骨折, 高校 2 年生 10 月に左脛骨疲労骨折, 受診直前の高校 2 年生 11 月に左第 3 中足骨骨折を指摘されていた.

内分泌検査は, 黄体化ホルモン (LH) 0.2mIU/mL 以下, 卵胞刺激ホルモン (FSH) 3.8mIU/mL, エストラジオール 20pg/ml 以下であった.

骨密度 (Bone mineral density : BMD) は二重エネルギー X 吸収測定 (Dual Energy X-ray Ab-

sorptiometry : DXA) 法で測定し, 成人若年平均 (Young Adult Means : YAM 値) は腰椎 (荷重骨) 62.9%, 橈骨 (非荷重骨として) 77.8% と低下していた.

FAT に関する介入はまず LEA に対して行った. 食事は栄養の専門家の関与はなかったため, スポーツ栄養士による栄養調査を行った. 摂取エネルギーの不足に対し, FAT のリコメンドに沿って 1 日あたり 500kcal を加えるように指導した. 栄養士による指導・調査を継続的に行い, 摂取カロリーの増加を確認した.

無月経に対して女性ホルモン配合剤 (中用量ピル : エチニルエストラジオール 0.05mg/ノルゲストル 0.5mg) を投与し, 消退出血を確認し, 子宮性無月経を否定した.

骨粗鬆症に対して骨密度の増加を期待してホルモン補充として経皮吸収型エストラジオールを塗布した. BMI 及び BMD の YAM 値の経時的変化を図 1 に示す (図 1).

介入後の経過は, 介入 3 か月後の高校 2 年生の

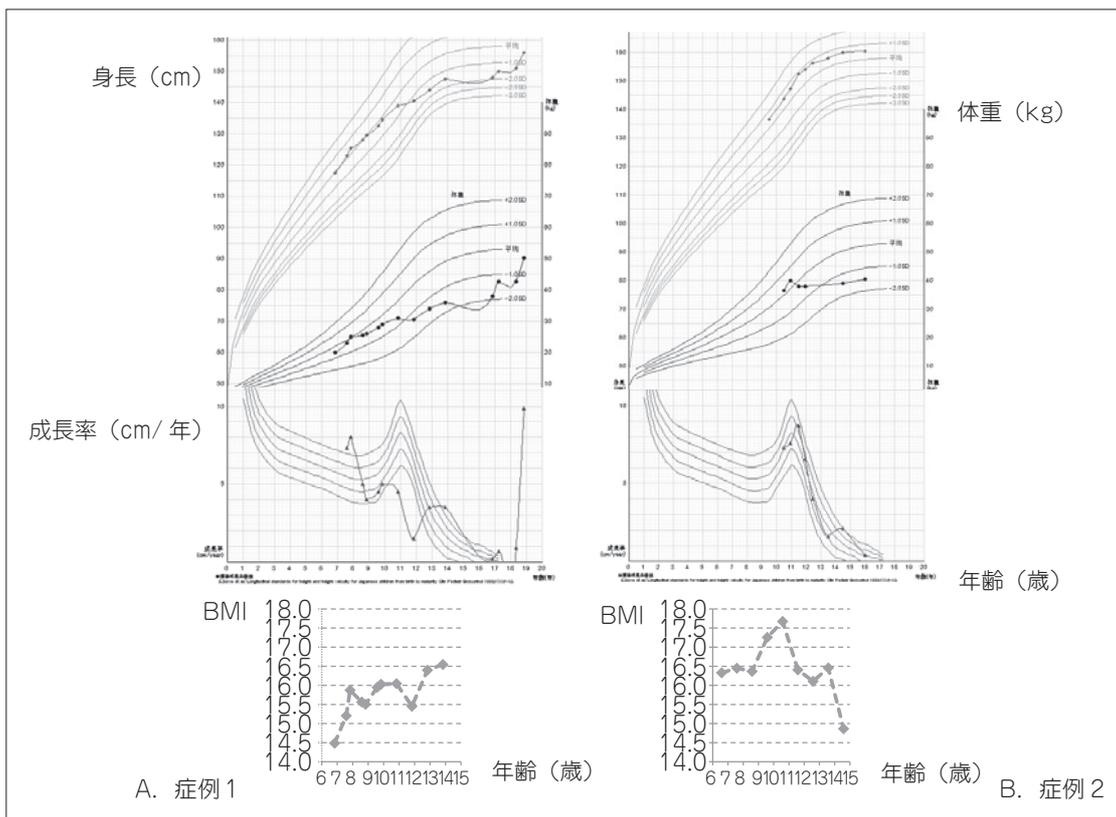


図2 身長・体重曲線 成長率曲線 BMI曲線

1月に両踵骨，立方骨の疲労骨折，3月には身長が2cm伸び，体重も42.8kg，BMI19.0となったにもかかわらず，高校3年生の4月には右脛骨疲労骨折が生じた。

骨密度の増加は高校2年生3月の段階でYAM値で腰椎71.7%，橈骨87.6%と急激な上昇を示したが，5月には腰椎69.4%，橈骨82.5%と一時停滞したため，高校3年生5月に初経が発来したことから経皮吸収型エストラジオールより活性が高い低用量ピル（エストラジオールベータデクス0.02mg・ドロスピレノン3mg）投与を加えた。さらに少しでも骨密度を増加させるべく本人及び保護者に十分な説明・同意の下，抗RANKLモノクローナル抗体（デノスマブ），副甲状腺ホルモン（テリパラチド）といった骨密度増加効果の期待できる薬剤の投与を行った。この間，疼痛及びMRIにおける骨髓浮腫像の消失に伴い，運動再開したが，全体練習には参加せず，個別練習としてジョギング程度の練習であった。高校3年生9月の段階で腰椎のYAM値は腰椎78.4%とほぼ正常域下限に近づき，疼痛を自覚する部位もないことから練習量を上げていったが，全体練習は行わず，個別

の練習で，追い込みなど負担をかける練習は配慮してなされていなかった。

しかしながら最終的に高校生で最後の大会の直前の高校3年生11月に右恥骨下枝疲労骨折が生じ，競技継続を断念せざるを得なかった。骨折直後の骨塩定量のYAM値は腰椎78.7%，橈骨86.6%と1年間でそれぞれ25%，13%増加し，腰椎も正常下限に満たなかったが，骨粗鬆症レベルを脱しており，BMIもFATの復帰基準である18.5を超えていたが，疲労骨折が生じた形となった。

その後は競技活動を休止した後，大学に進学したが，競技は再開しなかった。大学1年生11月にはBMIは20.7と上昇し，身長は6か月で6cmの急激な伸びを示した。

このアスリートの成長曲線を改めて検討してみると11歳，小学5年生前後から体重曲線のチャンネルの下方移動が認められる。成長率曲線では思春期の急激な身長増加を表す成長スパイクが観察されず，最大の伸びを表す成長ピークと言える身長増加が認められなかった。（図2A）

症例2は同時期に同様に原発無月経で受診したアスリートである（図2B）。BMIが低下している

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

にもかかわらず、高校3年間疲労骨折が全く生じていない。成長スパートが観察され、両親からの予測身長以上に身長が獲得されている。

■ 考 察

疲労骨折を生じたアスリートが婦人科を紹介されることが多くなってきている。LEA、視床下部性無月経、骨粗鬆症のFATを有するランナーでは疲労骨折を繰り返すことが多い²⁾とされ、陸上選手やマラソンランナーでは疲労骨折の発生率が高く、脛骨や中足骨などにその頻度が高い^{3,4)}と報告されて、婦人科では月経異常に対する対応が求められる。女子陸上競技選手の骨塩定量評価では無月経など健康管理上の問題点を有する選手の骨密度は健康上問題ないものに比べて有意に低い⁵⁾とされ、特に月経不順や無月経を有する女子長距離ランナーは骨密度が低く、他の女子競技選手に比べ、疲労骨折の発生率が高い^{6,7)}。FATにおける無月経は、特に中枢性に抑制がかかった状態として、視床下部性無月経が問題視されている。LEA状態と脳が判断すると視床下部からのゴナドトロピン分泌を刺激するホルモンが低下して下垂体からのゴナドトロピンのLH、FSHが分泌されなくなり、排卵が抑制される。これにより卵胞から分泌されるエストロゲンが低値を示す状態となり、骨粗鬆症への進行が危惧されるのが視床下部性無月経を介したFATである。月経異常に伴うエストロゲン分泌量の減少による骨密度の低下が指摘され、これに対して骨密度を増加させるための治療が提案されているが、FATにおける骨粗鬆症に対しては骨折予防効果や特に骨密度を上昇させる効果はいまだ懐疑的である。

今回、FATの解消を念頭に、無月経を改善し、LEAの改善を行い、体重の増加がみられ、骨密度が上昇したにもかかわらず、その後の疲労骨折を予防できず、競技復帰できなかった症例を経験した。介入によりBMIはFATで目標とされる18.5以上に上昇し、骨密度もほぼ正常域下限80%にわずかに満たないものの腰椎も78.4%まで上昇し、目的とするFATの解消がなされたと判断された。しかしながら復帰の目標としていた大会直前に恥骨の疲労骨折が生じ、結果としてFATの解消はできたと考えられるにもかかわらず、疲労骨折は予防できず、競技復帰がかなわなかった症例であった。

競技復帰できなかった原因が疲労骨折を生じる以前の成長過程に起因すると考えられ、成育状況の確認を行った。成長曲線を見てみると体重増加が競技開始した10歳前後から低下していく傾向があり、11歳前後で体重曲線のチャンネルの下方移動が認められる。身長が1年間に何センチ伸びたかを示す成長率曲線を描くと特徴が明らかで、女兒の場合1年間の増加が5~6cmであった身長が急激に平均8cmの最大の伸びがみられる成長スパートといわれる身長増加が認められない。成長スパートに引き続き、筋肉量を表す除脂肪体重の増加がみられ、その後に骨量の増加がみられる⁸⁾ことが知られているが、これがなかったことが推定された。身体の増加に伴い、増加する重量に耐えうる骨量が獲得されると考えると本症例では、両親から推定される予測身長に大きく及ばない低身長であることから、身長の増加が抑制されるほどのLEAがこの時期にあったことが推測される。骨格筋量は身長に相関することから、比較的身長の高いアスリートに比べ、低身長のアスリートが重量を獲得できないため、骨量が増加しない傾向にある。図2Aに本症例の成長率曲線と体格を表すBMIの推移をグラフにしたものを示す(図2A)。

図2Bは同時期に同様に原発無月経で受診したアスリートのもをを示す(図2B)。この選手はBMIが低下しているにもかかわらず、高校3年間疲労骨折が全く生じていない。成長スパートが観察され、両親からの予測身長以上に身長が獲得されており、本症例と対比的な症例と考えられた。

FATで疲労骨折を繰り返すアスリートでは成育状況を確認し、成長曲線、成長率曲線を描くことでハイリスクかどうかの判断ができると考えられた。しかしながらこうしたアスリートの中に高校生になって疲労骨折を生じた段階からLEAを解消して体重増加して女性ホルモンを投与して骨密度を増加しても疲労骨折の再発は防げない症例があることがわかった。本症例も若年から競技成績が優秀であったこともあり、早期からトレーニングを開始していた。LEAの状態が早期からあったと考えられ、身長増加に伴う、十分な体重増加がみられなかったことが成長曲線から見て取られ、成長率曲線から成長スパートが見られず、骨量の増加が得られていなかったと考えられた。成長スパートを迎える前からLEAにならないよう

症例報告

介入して、再発でなく、そもそも疲労骨折を生じさせないよう1次予防する事が重要と考えられる。

骨量の不足は、もともとの身体的成熟を表す身長が増加が十分でないものに生じる可能性が高いと考えられ、小中学生の頃から対応していかないといけないことが伺われる。

これまで原発無月経で初経が遅延して内分泌的成熟を迎えていないことがハイリスクと考えられてきた。内分泌的成熟は身体的成長に引き続いて生じると考えられ、初経の遅延がその指標とされてきたが、FATの予防の指標として用いるには遅きに失する可能性があることが示唆されたことになると考える。

一方で内分泌的成熟については下垂体・性腺ホルモン系の成熟(gonadarche)以前に副腎系の成熟(adrenarche)があるとされる。この時期に分泌されるDHEA-Sやテストステロンの増加が骨強度獲得に重要⁹⁾とされる意見もあり、やはり十分な身体的成長が重要とされる。身体的成長の目安として、初経にかわる、何らかの指標が必要と考えられる。少なくとも両親より推測される身長はそのレベルに達していない場合は十分な身体的成長がない状況を表すと考えられるが、今後は体組成などを測定し、もう少し精度の高い成長スパートを予測する指標として除脂肪体重などの利用が期待される。加えてこれを利用した具体的なLEAに対する介入を考慮すべきと考えられる。

結 論

若年からトレーニングを開始することでLEA状態が早期からあったと推定され、身長増加に伴う十分な体重増加がみられず、成長率曲線で成長スパートの欠如が見られ、骨量が十分得られていなかったことが複数回の疲労骨折の原因となったと考えられた症例を経験した。早期のLEAはその後の内分泌的成熟も欠如し、初経が開始せず、ハイリスク要因となると考えられた。成長スパートが欠如したまま高校生となったアスリートはLEAの改善を行っても疲労骨折の再発予防に十分でないと考えられることから、LEAの予防はもう少し若年の小学校高学年、中学生の段階での教育が疲労骨折を生じさせない1次予防に必要と考えられた。

本研究は文部科学省・スポーツ庁の女性アスリート育成・支援プロジェクト「女性アスリートの戦略的強化に向けた調査研究」の援助で実施された。

倫理的配慮

症例の報告に際し、本人の承諾、当時未成年であったため、加えて保護者の承諾を得た。

謝 辞

本研究に協力いただいた元独立行政法人国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター管理栄養士後藤美奈さんに感謝申し上げます。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) De Souza, MJ, Nattiv, A, Joy, E, Misra, M, Williams, NI, Mallinson, RJ, Gibbs, JC, Olmsted, M, Goolsby, M, Matheson, G. 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and 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.* 2014; 48: 289.
- 2) Iwamoto, J, Sato, Y, Takeda, T, Matsumoto, H. Analysis of stress fractures in athletes based on our clinical experience. *World J Orthop.* 2011; 18: 7-12.
- 3) Fredericson, M, Jennings, F, Beaulieu, C, Matheson, GO. Stress fractures in athletes. *Top Magn Reson Imaging.* 2006; 17: 309-325.
- 4) Heaslet, MW, Kanda-Mehtani, SL. Return-to-activity levels in 96 athletes with stress fractures of the foot, ankle, and leg: a retrospective analysis. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007; 97: 81-84.
- 5) 鳥居 俊. 女子陸上競技選手の骨塩量値から見た健康管理上の諸問題. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 1996; 4: 162-165.
- 6) 佐々木純一, 本部正樹, 鍋島雄一. 女子運動選手における疲労骨折と月経異常の関係. *産婦人科の実験.* 1989; 38: 227-232.
- 7) 辻 秀一, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎 元. 女子運動選手の月経状態と骨密度—運動性無月経の影響に関する多角的検討—. *臨床スポーツ医学.* 1996; 13: 1413-1418.
- 8) Rauch, F, Bailey, DA, Baxter-Jones, A, Mirwald, R,

Faulkner, R. The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. *Bone*. 2004; 34: 771-775.

FRONTIER IN GYNECOLOGY. 2001; 8: 139-146.

9) 矢内原巧. 女性とアンドロゲン. *HORMONE*

(受付：2017年5月18日，受理：2018年5月1日)

A case study of the female athlete triad: long-term low energy availability led to the absence of growth spurts, impeding return to competition

Matsumoto, Y.^{*1,2}, Matsuda, T.^{*2}

^{*1} Department of Orthopedic Surgery, University of Oita

^{*2} Institute of Sports Medicine, Nishibeppu National Hospital, National Hospital Organization

Key words: growth spurt absence, stress fractures, low energy availability

[Abstract] We performed interventions aimed at relieving symptoms of the female athlete triad in high-school female long-distance track athletes who experienced multiple stress fractures and had primary amenorrhea. Although weight and bone density increased through attempts to resolve low energy availability, athletes experienced further stress fractures and were unable to return to competition. As they began competing from a young age, we examined their growth curve and found that they did not have growth spurts. This implies low energy availability due to insufficient weight gain. Athletes either had insufficient energy intake or underwent intense training during the growth period, when height and bone density increase; thus, it appeared as if they did not reach the predicted height and were unable to acquire the level of bone density that could withstand training. We observed that by avoiding low energy availability, which impedes physical growth during the growth period including insufficient weight gain, eventually leads to the prevention of stress fractures after puberty.