

女性アスリートの疲労骨折

松田貴雄^{*1}、秦 祥彦^{*1}、釘宮基泰^{*1}
菊池 博^{*1}、森 照明^{*1,2}、大場俊二^{*3}

はじめに

女性アスリートが競技から長期離脱を余儀なくされる健康障害の三主徴(The Female Athlete Triad)は「無月経(月経異常)」・「骨粗鬆症(疲労骨折・骨量減少)」・「拒食症(摂食障害)」とされる¹⁾。

「無月経」は文字通り「月経がない」状態である。その本体は単に月経出血がなくなるだけでなく、卵巣から分泌されるホルモンが低下することにある。卵巣から分泌されるホルモンは、卵胞ホルモン(エストロゲン)と黄体ホルモン(プロゲステロン)があるが、とくにエストロゲンが病態に密接に関与する。月経異常があると骨密度とエストロゲンの活性の大部分を占めるエストラジオール値が低く、骨密度と血清エストラジオール値は正の相関があることが示されている²⁾。無月経が長期化するとエストロゲンが低下する。

若年者における骨密度の獲得の重要性はしばしば語られているが、そこに無月経が関与することは意外に理解されていない。昨今のスポーツ開始年齢の低年齢化で、初経開始以前より過剰なトレーニングを開始することで月経が始まらないまま、骨密度の獲得が十分でない状態で、競技を継続しているケースが急増している。

体重コントロールなどから摂食障害を伴った場合、骨密度の減少は迅速で、仮に体重と月経が回復しても骨密度の回復は認められないか、大幅に遅れ、競技復帰を果たせないことも多い。このように無月経、骨密度の低下、摂食障害は密接に関係しており、女性アスリートの競技継続にあたり、大きな問題となりうる。ゆえに女性アスリートの三主徴を理解することは、競技力向上においても大変重要である。

骨密度の獲得

1. 女性の成長との関係

骨量は思春期に増加し、その後一定量を保った

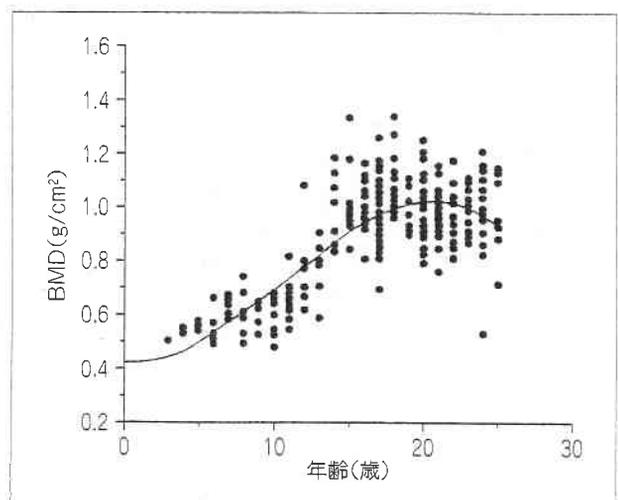
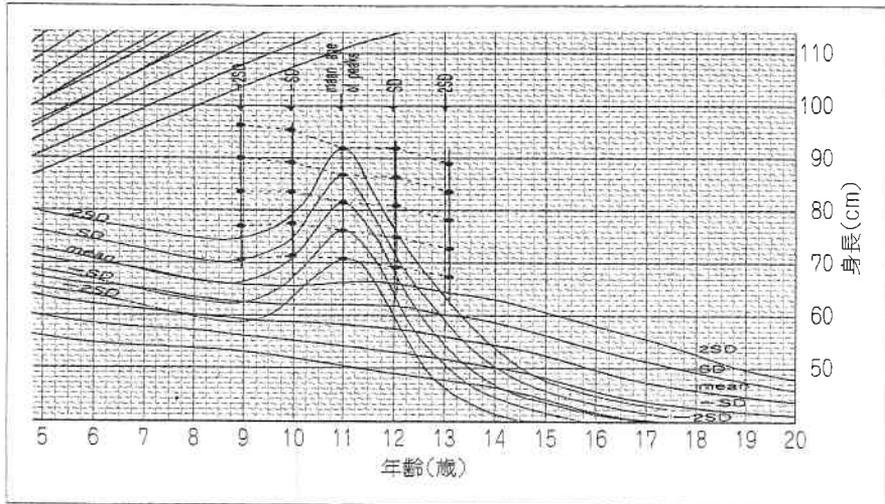


図-1◆女性の年齢と骨量の増加：日本人若年女子の年齢と腰椎骨密度の三次回帰(文献3より引用)
BMD (bone mineral density).

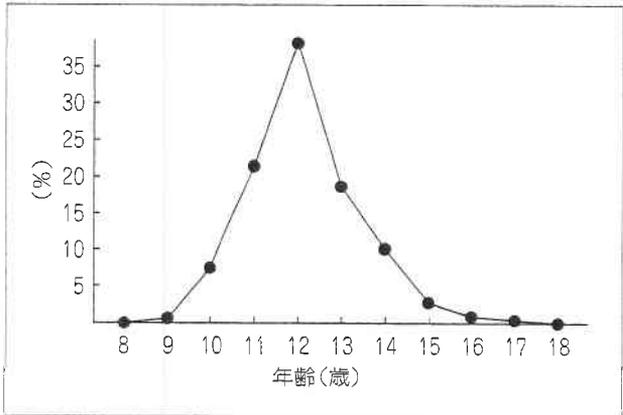
*1 国立病院機構西別府病院総合スポーツ外来

*2 湯布院厚生年金病院

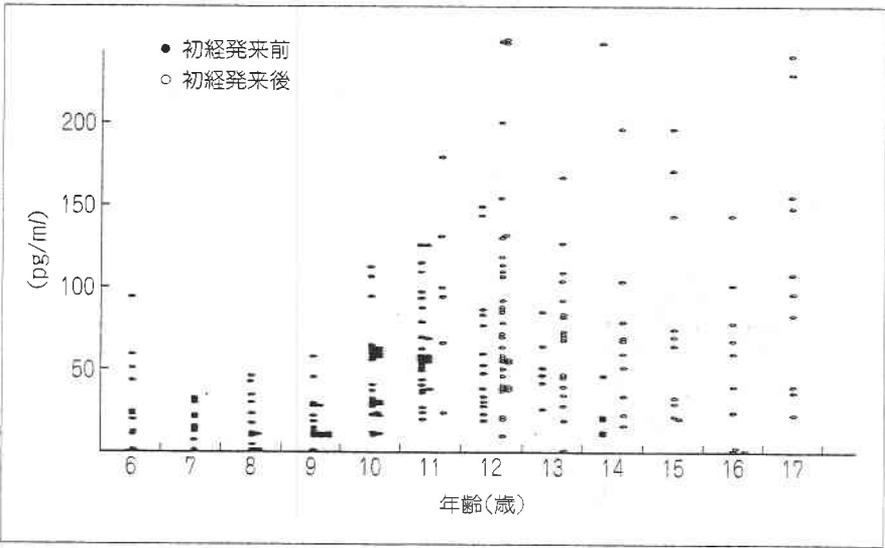
*3 大場整形外科



a. 年間成長率



b. 初経発来年齢の分布



c. 年齢別血清エストラジオール値の推移

図-2 ◆年間成長率と初経、エストラジオール値の関係(b, cは文献5より引用)

のち、減少していくとされている。一生の中で到達する最大骨量(peak bone mass)に達する時期

は、従来、男性で20歳代、女性で20~40歳といわれていた。諸外国で発育期の骨塩量を測定した結

果、脊椎骨や大腿骨頸部では16~17歳で最大骨量に到達しているとされ、日本人若年女子の検討でも、7歳より急激な上昇を認め、最大骨量にはやはり18歳前後に到達することが判明した(図-1)³⁾。1年間に増加する骨塩量、つまり骨塩量発育率のピークは、女性12歳、男性14歳で、それぞれ3ヵ月当たり $0.022\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.025\text{g}/\text{cm}^3$ に増加する。これらの値は閉経期の女性が1年間に損失する骨塩量 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ を上回る量で増加する。すなわち18歳くらいまでが骨の成長期で、その中でもとくに思春期には非常に早いスピードで骨量が増えることがわかる⁴⁾。

女兒の第二性徴について年間成長率と月経開始の関係を確認してみる。月経開始前に身長伸びが最大となる、最大成長がみられる(図-2a)。その最大成長の1年後の12歳頃に月経開始となる(図-2b)⁵⁾。エストロゲン分泌の増加はこれと同様の増加(図-2c)を示し、図-1と同様の曲線となり、 $50\text{pg}/\text{mg}$ を超えてきた頃より骨密度の増加が始まることがわかる。十分な骨密度の獲得には十分なエストロゲンの分泌が保証されることが必要となる。ひいては月経が開始すること、さらに遡って最大成長を十分に獲得しておくことが必要である。

身長増加と有意な相関を有するのがソマトメジンである⁶⁾。ソマトメジンはインスリン様成長因子(insulin-like growth factor-1: IGF-1)と同一物質で、成長ホルモン様作用を仲介して軟骨細胞の増殖および骨成長を促す。エネルギー摂取が低下するとソマトメジンの低下がみられる。炭水化物や蛋白質の摂取と正の相関を有するので、低摂取状態が長く続くと身長伸びが抑制される。成長期で成長ホルモンの低下がないにもかかわらず、ソマトメジンの低下が認められる場合は摂食不足を意味する。成長スパート中にソマトメジンが低下するとスパートが鈍化する。骨端線が閉じる前に摂食不足が生じた場合は低身長となる。近年、審美系スポーツでは海外の選手に対抗するために身長の高い選手が望まれることが多くなっており、こうした意味でも対応は必要となる。

2. 運動の影響

骨密度増加には運動の必要性が取り上げられる

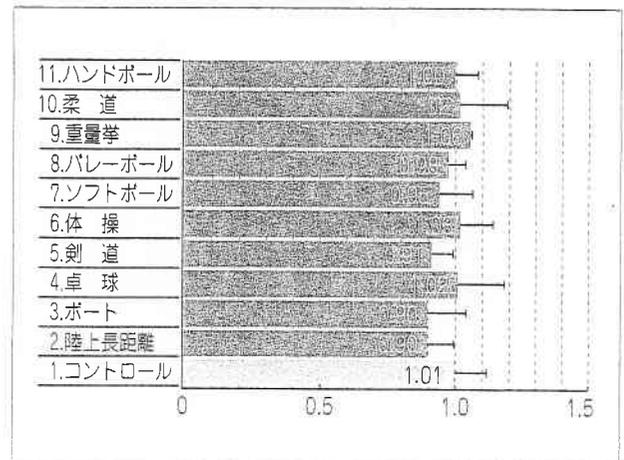


図-3 ◆女子高校生アスリートの種目別の腰椎 DEXA 法における骨密度(文献7より引用)
L2-4BMD/50kg (g/cm²).

が、この機序には、微細骨折によるカルシウムの沈着促進が考えられている。これは、衝撃によって骨内部に微細な骨折が発生し、それを修復する伝達機構によってカルシウムの沈着が促進されて骨密度が増加するというものである⁷⁾。重力に伴う衝撃度は小さくとも筋を極度に収縮させる運動では、筋の肥大を起こすだけでなく骨のたわみを起こし、それが骨密度増加に作用していることが示唆される⁸⁾。

運動種目によって骨塩量に与える影響には差が存在することが報告されており、とくに女子高校生において長距離走者の骨塩量は低値となっている(図-3)。体操選手と走者の骨塩量を比較した報告によると、同じような性周期の乱れであっても、骨塩量は体操選手で有意に高く、とくに大腿骨頸部の骨塩量はコントロールの女性より高値であり、他の部位でも骨塩量は性腺機能の正常な女性と差を認めなかった⁷⁾。これは、体操のトレーニングの際の強い衝撃負荷と強い筋肉収縮が性腺機能不全の骨減少効果を凌駕する骨形成刺激作用があるために生ずる差と考えられている。したがって長距離走者の低骨塩量は、性腺機能不全の影響を運動が凌駕しきれないため発生すると考えられている⁹⁾。これに長距離選手特有の体脂肪の減少が加わるとエストロゲン分泌量の減少につながり、骨密度が低下すると考えられ、疲労骨折の発生率も高いことが報告されている¹⁰⁾。つまり

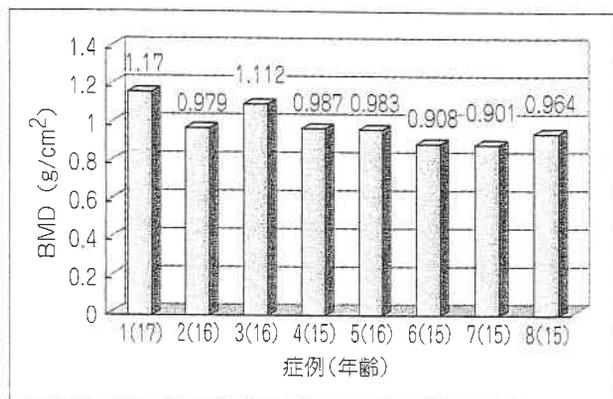


図-4◆高校女子新体操選手の腰椎 DEXA 法による骨密度

長距離ランナーの骨密度低下はスピードアップのためのからだの軽量化という適応現象と考えられなくもないが、健康面からは好ましい現象ではなく、とくに成長期の生徒や選手たちにとっては十分に注意すべき問題といえる¹¹⁾。

疲労骨折の平均発症年齢は男子17.7歳に対して、女子の場合は1歳早く16.7歳である¹²⁾。この年齢での疲労骨折は高校競技生活の大部分を失うことになりかねない。つまり発育期の高校生は意図して体重制限することなど、競技適性のための体形づくりが戦略的には重要であろうが、将来的にみても、高校競技生活そのものを脅かす、好ましくない状況といえる。

女性アスリートの骨密度測定

若年女性アスリートの骨密度測定に適切な部位について考えてみる。骨密度の測定は腰椎など海綿骨主体の荷重骨を二重エネルギー X線吸収法 (Dual energy X-ray absorption : DEXA) によって測定することがスタンダードとなっている。しかし、前述のように跳躍系のスポーツにおいては、骨密度の減少がスポーツによる骨密度増加と相殺され、見かけ上、低下がないと判定されることも少なくない。

図-4に高校の新体操選手の腰椎 DEXA による測定結果を示す¹³⁾。若干の低下はみられるものの骨密度の低下があるとは言い難い。しかしながらほぼ全員、その後1年以内に疲労骨折を発症した。これらの選手は1人を除いて無月経で、エス

トラジオール値は全員更年期状態と同じ50pg/ml以下であった(表-1)¹³⁾。データには示していないが、後日測定した、非荷重の中手骨や非利き手の橈骨の骨密度では低下がみられた。さらに骨吸収マーカーのI型コラーゲン架橋N端子テロペプチド(NTx)は高値であった(表-1)¹³⁾。高骨代謝回転カットオフ値は54nmol BCE (Bone Collagen Equivalent)/mmol・Crで、クレアチニン補正、年齢を考慮しても高値である。最近経験した症例でも疲労骨折を繰り返していた跳躍系的女子高校生アスリートは、エストラジオール値50pg/ml以下で、腰椎・大腿骨の骨密度は低下がみられず、中手骨のみに低下がみられた。このように測定部位によっては骨密度の低下が認められずに、加療がなされなかった可能性があった。低エストロゲン状態による骨密度の低下は皮質骨で顕著であり、女性アスリートにおける骨密度の測定は、非荷重骨を用いて皮質骨を中心に評価しなければ、疲労骨折の予測につながらないと考えられる。

トップアスリートの状況

オリンピック日本代表女子マラソン選手4名と柔道選手1名の各測定部位での骨密度が測定された興味深い報告がある⁷⁾。長距離・マラソンランナーの4名では、上肢、肋骨、下肢の骨密度はコントロールと差はないが、腰椎から骨盤にかけて有意に低い(図-5)。マラソン選手4人の共通点は、稀発月経もしくは続発性無月経があり、潜在性鉄欠乏、低蛋白血症などの状態であった。そのうちの1人の9ヵ月間の走行距離のデータが図-6に示されている。この選手は19歳で遅い初経のうち、エストロゲンを含まない、プロゲステロン製剤の内服で消退出血を起こしていた。各年代でトレーニング負荷が増加しているが、その都度離脱がみられ、低エストロゲン状態が影響していることが強く示唆される。その後も無排卵周期で、この選手は22歳で引退している⁷⁾。

4人のランナーは全員が疲労骨折を経験しているが、コントロールに比してとくに下肢の骨密度が低いわけではない。現場では、体重や体脂肪量

表-1◆月経状態と高校新体操女子選手の骨吸収マーカー

| 症例 | 年齢(歳) | 月経の状態 | 体脂肪率(%) | ソマトメジン IGF-I ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | エストロジオール (pg/ml) | 尿中 NTx ($\text{nmol BCE}/\text{nmol}\cdot\text{cr}$) |
|----|-------|-------|---------|--|------------------------------------|--|
| 1 | 17 | 続発 | 22.4 | | 11.9 | 74.5 |
| 2 | 16 | 原発 | 16.8 | 200 | 20.8 | 83.3 |
| 3 | 16 | 続発 | 24.1 | | 16 | 113.5 |
| 4 | 15 | 原発 | 19.7 | 190 | 24.6 | 210.5 |
| 5 | 16 | 規則的 | 22.6 | 160 | <10 | 62.6 |
| 6 | 15 | 原発 | 15.3 | 88 | 21.2 | 174.3 |
| 7 | 15 | 原発 | 16.4 | 140 | <10 | 125.8 |
| 8 | 15 | 原発 | 15.7 | 230 | 11.6 | 293 |

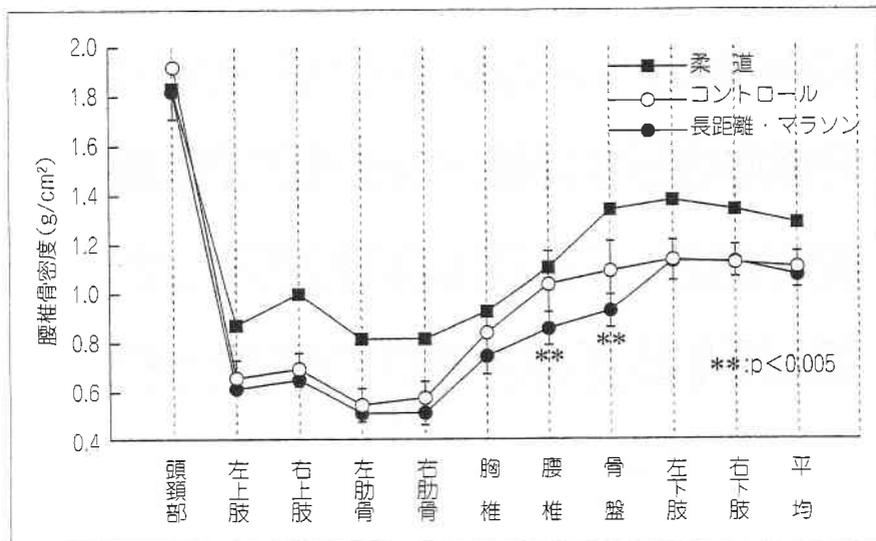


図-5◆オリンピック日本代表女子選手とコントロールの全身骨密度の比較(文献7より引用)

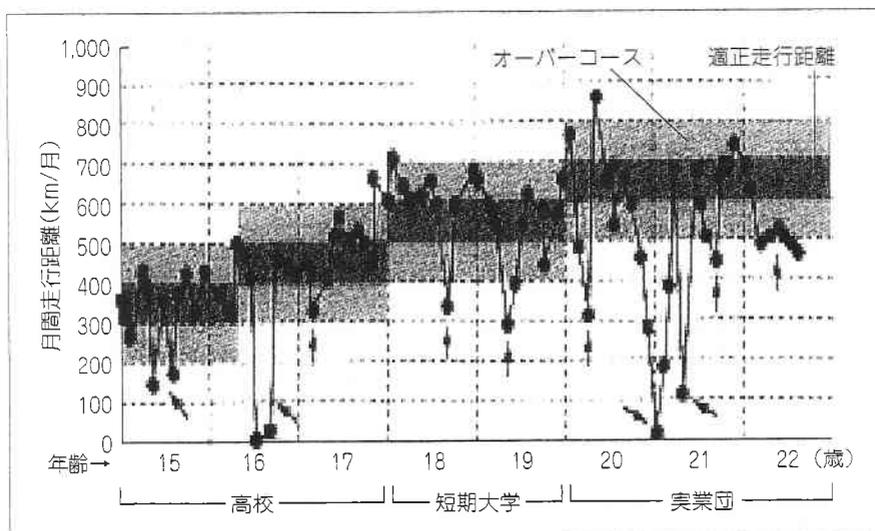


図-6◆ある女子長距離ランナーの8年間の月間走行距離の推移(文献6から引用)
(↑)疲労骨折.

の多さは競技力に致命的なダメージを与えると考えられているため、ランナーは極限までやせの体型を追究するが、競技力に致命的なダメージを与えるのは疲労骨折であることが推察される⁷⁾。

指導について

指導者も無月経が身長増加や疲労骨折に関与していることを知らないことが多く、これまでの自らの競技経験に基づいて指導することが多い。とくに女性指導者は選手時代自らも無月経であっても、競技生活終了後、月経が再開し、その後の生殖に問題がなかったとして、選手にもそのように伝えていることが多い。この傾向は改めるべきである。さらに摂食障害を合併するアスリートの場合、貧血や肝機能障害、ひいてはオーバートレーニング症候群などの診断をされ、一般内科で管理されているケースも多い¹⁴⁾。こうした場合は極めて疲労骨折を合併しやすい状況であることはいうまでもない。難治性の疲労骨折の女性アスリートに遭遇した場合に、無月経、やせ(摂食障害)に留意すべきであろう。

おわりに

女性アスリートは無月経を呈すると疲労骨折は高頻度に認められる。女性アスリートは「運動性無月経」の用語のもつイメージで、月経出血の「ある・なし」を気にかけることが多い。重要なことは「月経のある・なし」ではなく、ホルモン状況の把握である。低エストロゲン状態の結果、疲労骨折が頻発することは、長期の競技離脱を来す原因となることを女性アスリート本人・指導者に理解させ、低エストロゲン状態の回避は、アスリート

のパフォーマンスの向上に繋がることを伝えていく必要がある。

文 献

- 1) Yeager, K. K. et al. : The female athlete triad. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25 : 775-777, 1993.
- 2) 福林 徹ら：女子運動選手の疲労骨折と骨密度・女性ホルモンの関連。平成2年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書, 1991.
- 3) 清野佳紀ら：日本人若年女性の最大骨量。医学のあゆみ 170 : 1041-1042, 1994.
- 4) 清野佳紀：骨の成長—骨と栄養・運動との関係。CLINICIAN 454 : 16-21, 1996.
- 5) 目崎 登：女性スポーツの医学。文光堂, 54-55, 1997.
- 6) 長塚正晃ら：小児女子の初経時期と身体発育、血中遊離 insulin-like growth factor-I, 性ステロイドホルモン値との関係。日本産婦人科学会誌 51 : 777-783, 1999.
- 7) 井本岳秋ら：運動と骨量。Clinical Calcium 5 (5) : 35-40, 1995.
- 8) 松永俊二：電気刺激における骨形成の機序について。臨床整形外科 27 : 1349-1355, 1992.
- 9) 西山宗六ら：小児発達と骨障害(骨折)に関する研究。厚生省心身障害研究 平成5年度研究報告書, 99-102, 1994.
- 10) 鳥居 俊：疲労骨折と骨密度。臨床スポーツ医学 10(8) : 918-924, 1990.
- 11) 小沢治夫ら：各種スポーツと骨密度に関する断面研究。骨粗鬆予防のための効果的運動療法の研究開発事業報告書 : 52-89, 1992.
- 12) 内山英司：疲労骨折の疫学。臨床スポーツ医学 20(臨時増刊号) : 92-98, 2003.
- 13) 松田貴雄ら：競技種目別スポーツ障害と外傷の画像診断 女性アスリート：無月経と拒食症のリスク。画像診断 28(8) : 821-829, 2008.
- 14) 松田貴雄：シンポジウムIV：女性選手のメディカルサポートの最新 スポーツによる拒食症。日本臨床スポーツ医学会誌 16(2) : 227-233, 2008.