

痩せた女性やスポーツ選手の骨密度と運動習慣・食生活との関連

鈴木 瑠璃子

順天堂大学大学院医学研究科 代謝内分泌内科学

1. はじめに

現代の日本人女性は、先進諸国の中で最も痩せの傾向が顕著であり、日本人女性の8人に1人、若い女性では驚くべき事に5人に1人以上が“痩せ”と判定されている。痩せた女性は骨粗鬆症になりやすいことが知られており、エネルギー摂取不足（カルシウム摂取不足）や運動不足、女性ホルモンの低下（不規則な月経周期、閉経）などがリスク因子とされてきた。一方で、女性アスリートにおいても痩せと骨の障害が世界的な問題として指摘されてきており、「女性アスリートの三主徴（利用可能エネルギー不足、運動性無月経、骨粗鬆症）」の一つと定義されている。このような背景から、「一般女性」と「女性アスリート」に同様の痩せや骨粗鬆症のリスクがあるが、それぞれ同様の体格であっても全く違う運動量やエネルギー摂取となっていると考えられ、骨密度の程度もそれに影響された違いがあると推測される。しかしながら現在までに、そのような被験者群を横断的に調査した報告はほとんどない。そこで本調査では、運動習慣のない一般若年女性、一般閉経後女性、若年女性長距離ランナーの3群で、骨密度の違いを検討するとともに、食生活、スポーツ実施状況、月経不順の有無などを比較することで、骨密度に関わる因子を検討する。

2. 研究方法

2.1 調査対象

本研究では、大学への学内掲示や臨床試験会社で募集した健常な20歳代の健常者40名、健常な閉経後女性40名に加え、女性長距離ランナー20名を対象として、合計100名の女性に対して横断研究を行った。ランナー以外の群では、40名中30名を痩せた女性とした(体格指数 $<18.5\text{kg/m}^2$)。

2.2 調査方法

募集は、大学への学内掲示または臨床試験会社への依頼を通して行った。具体的な研究方法は、Visit 1：同意が得られた被験者に対し、一般的な臨床背景、家族歴、出生体重、体重歴の聴取を行う。その後、身長・体重測定、血液・尿検査、自己記入式質問紙票(EAT-26 日本語版)による神経性食欲不振症のスクリーニング検査を行い、除外基準に抵触しないか確認を行う。Visit 2：検査10日前よりメモリー付加速度計(ライフコーダー; スズケン社製)により運動量を計測する。検査前日21時より絶食とし、①¹H-MRS法による前脛骨筋、ヒラメ筋、また肝臓における細胞内脂質の定量、腹部MRIによる内臓脂肪・皮下脂肪面積の測定、②インピーダンス法による体重、体脂肪量、筋肉量の測定、③2重エネルギーエックス線吸収測定法(DXA法)による骨量の測定と、全身骨格筋量の測定、④空腹時での採血・採尿及び経口糖負荷試験、⑤BIODEX社製BIODEX system3を用いた大腿四頭筋等速性筋力の測定、⑥自転車エルゴメータによる運動負荷を行い、最大酸素摂取量の測定、⑦3日間の食事記録による食事内容調査、IPAQ(国際標準化身体活動質問票)、BDHQ(簡易型自記式食事歴法質問票)、PSQI-J(ピッツバーグ睡眠質問票)などのアンケート調査を行う。

3. 解析方法

第一に、アスリート以外の群では、それぞれの群内における痩せと非痩せの骨密度並びに背景因子の比較を行った。次に、それぞれの集団において骨密度と関連する因子を単相関にて検索し、高エネルギー摂取かつ高消費という長距離ランナーにおける骨密度の特徴について検討した。最終的にこれらのデータから、スポーツ・栄養・痩せが骨密度に与える影響について考察した。

4. 結果

現在までに解析した内容から以下の点が明らかとなった。

【一般若年女性の痩せと非痩せの背景因子の比較】

体脂肪率は両群とも同等で、20%程度であった。骨格筋量に関しては、DXA法を用いて SMI(skeletal muscle mass index;四肢除脂肪量(kg)/身長(m)²)で評価した結果、SMIは痩せ群の方が有意に低下しており、痩せ群はサルコペニアの診断がつく者が多く含まれていた。骨密度に関しては、痩せ群の方が、標準体重群に比して平均腰椎骨密度は有意に低下しており、月経不順の割合は、痩せ群の方が有意に高率で、約半数に認められた。また、Daily Physical activity と 1日の総摂取カロリーは、痩せ群で有意に低下していた。

【一般閉経後女性の痩せと非痩せの背景因子の比較】

体脂肪率は痩せ群で有意に低下しており、SMIも痩せ群で有意に低下していた。骨密度に関しては、痩せ群と標準体重群の平均腰椎骨密度に有意差は認めなかった。また、Daily Physical activity と 1日の総摂取カロリーは両群で有意差は認めなかった。

【若年女性長距離ランナーと、一般若年女性・一般閉経後女性との比較】

女子大学生長距離アスリートと 20歳代の一般女性、閉経後女性を比較すると、体格はそれほど変わらなくとも、女子大学生長距離アスリートの平均体脂肪率は、一般若年女性、閉経後女性と比べて有意に低値であった。腰椎の骨密度に関しては、女子大学生長距離アスリートの半数以上は 20歳台女性の平均骨量に達していなかった。尚、一般若年女性の平均腰椎骨密度はアスリート同様低値であり、閉経後女性は全ての群の中で最も低値であった。

次に、月経不順の女子大学生長距離アスリートは、一般若年女性と比べて月経周期は正常の傾向であった。しかし、過去の月経周期についてアンケート調査した結果、10歳代で無月経を認めたアスリートは約半数、無月経を含めた月経異常を認めたアスリートは約9割に及んだ。その際の体重は現体重よりも 5kg程度少なく、ほとんどが痩せの基準(BMI<18.5 kg/m²)に入っており、10歳代での疲労骨折経験者は約半数程度であった。

栄養状態の調査では、女子大学生長距離アスリートの1日平均摂取カロリーは、アメリカスポーツ医学会(ACSM)で推奨されている 2000kcal/日以上に達していた。しかし、骨形成に必要な栄養素(カルシウム、ビタミンDなど)の摂取に関しては、ACSMの推奨量(カルシウム 1000mg/日以上、ビタミンD 15μg/日以上)に比して不足していた。尚、一般若年女性の1日平均摂取カロリー、カルシウム摂取量、ビタミンD摂取量はアスリートの方が有意に高く、厚生労働省の定める 20歳代女性の推奨量(身体活動がふつうの場合、1日推定摂取カロリーは 1950kcal、カルシウム推奨量は 650mg/日、ビタミンD 推奨量は 5.5μg/日)に比して不足していた。さらに、閉経後女性の1日平均摂取カロリーは、厚生労働省の定める 50-69

歳女性の推奨量(身体活動がふつうの場合、1日推定摂取カロリーは1900kcal、カルシウム推奨量は650mg/日、ビタミンD推奨量は5.5 μ g/日)に比して不足していた。

血液検査データでは、25(OH)Vit.D濃度は、女子大学生長距離アスリートの方が一般若年女性と比べて有意に高値であったが、女子大学生長距離アスリートの約60%がVit.D欠乏、40%程度がVit.D不足であった。一般若年女性においては、全ての被験者でVit.D低下を認め、約80%がVit.D欠乏、20%程度がVit.D不足であった。閉経後女性においては、約60%がVit.D欠乏、30%程度がVit.D不足であった。

全身骨格筋量に関しては、DXA法を用いてSMI(skeletal muscle mass index;四肢除脂肪量(kg)/身長(m)²)で評価した。女子大学生長距離アスリートの平均SMIは、本研究の一般若年女性、閉経後女性に比べて有意に高値であった。筋力に関しても同様に、アスリートでは一般女性に比べて有意に高筋力であった。

【若年女性長距離ランナーにおける骨密度と関連する因子】

女子大学生長距離アスリートにおいて、腰椎骨密度と関連する因子を単相関にて検索した結果、体重、BMI、体脂肪率、SMI、下肢筋力、IGF-1、血中Cペプチド、FT3、FT4、intact PTH、25-(OH)Vit.D、TP、Alb、HDL-C、LDL-C、Glucose、Ca、P、AST、ALT、Hb、エネルギー摂取量、蛋白質摂取量、カルシウム摂取量、ビタミンB摂取量と有意な正の相関を認めた。また、女子大学生長距離アスリートの中で疲労骨折あり群となし群に分類し、群間比較を行ったところ、疲労骨折あり群は、なし群と比べてRBC、Hb、エネルギー総摂取量が有意に低下していた。

【一般若年女性における骨密度と関連する因子】

一般若年女性において、腰椎骨密度と関連する因子を単相関にて検索した結果、体重、BMI、総消費量、SMI、握力、月経不順の有無、25-(OH)Vit.D、20歳時体重、最大体重、PSQI-Jの点数と有意な正の相関を認め、cortisol、BUN、Hbと有意な負の相関を認めた。

【一般閉経後女性における骨密度と関連する因子】

一般閉経後女性において、腰椎骨密度と関連する因子を単相関にて検索した結果、最大体重と有意な正の相関を認めた。

5. 考察

痩せた一般若年女性の特徴として、骨格筋量の低下、骨密度の低下、月経不順の増加、1日総摂取カロリーの低下、Daily physical activityの低下が挙げられた。また、骨密度低下と関連する因子として、低体重、総消費量の低下、骨格筋量の低下、握力低下、月経不順あり、血中ビタミンD濃度の低下、睡眠の質の低下、コルチゾールの上昇などが挙げられた。

一方、若年女性長距離ランナーにおける骨密度低下と関連する因子として、低体重、低BMI、骨格筋量の低下、血中ビタミンD濃度の低下に関しては一般若年女性と同様であったが、IGF-1、血中Cペプチドといった骨や筋肉にアナボリックに作用するホルモンの低下や、エネルギー摂取量の低下、カルシウム摂取量の低下に関しては一般若年女性と異なる因子であった。これに関して、蛋白同化ホルモンは骨形成や全身的な筋量・筋力の機能的パフォーマンス向上と関連していることが知られており¹⁾、アスリートにおいては、IGF-1やインスリンなどのアナボリックホルモンが骨密度に特に重要であることが示唆された。

また、若年女性アスリートにおいては、一般若年女性と比べてエネルギー消費量が多いため、エネルギー摂取量が少ないことで容易に骨密度低下につながる可能性が考えられた。

最後に、痩せた一般閉経後女性の特徴として、標準体重群と比べて体脂肪率の低下、骨格筋量の低下を認めたが、骨密度、1日総摂取カロリー、Daily physical activityは両群間で有意差を認めなかった。また、骨密度低下と関連する因子として最大体重の低下が挙げられたが、他、若年女性でみられた低体重、低BMI、骨格筋量の低下、血中ビタミンD濃度の低下とは関連していなかった。この点に関して、閉経後女性における骨密度低下の原因として、閉経によるエストロゲン低下が背景にあるため、他の因子との関連が出にくかった可能性が考えられた。

尚、若年女性長距離ランナーにおいて、本調査では、当初懸念されていた「女性アスリートの三主徴」でみられる骨粗鬆症、無月経を認めるアスリートはいなかった。尚、低骨量状態のアスリートは1割未満で、月経異常を認めるアスリートは約2割であった。

既報では、女性アスリートにおける低骨密度の頻度は高校生で16~22%、エリート長距離走者で34%と報告されている²⁾³⁾⁴⁾。また、日本体育大学(2000年度全日本大学女子駅伝優勝チーム)では、58%が月経異常、JISSのメディカルチェック(2011~2012年)では、40.7%が月経異常、うち7.8%が無月経と報告されている⁵⁾。そのため、本調査の被験者は、既報と比べて低骨量状態、無月経を含む月経異常の割合が著明に低かった。一方、本研究の被験者にアンケート調査を行ったところ、10歳代で無月経を認めたアスリートは約半数、無月経を含めた月経異常を認めたアスリートは約9割に及んだ。その際の体重は、現体重よりも5kg程度低く、10歳代での疲労骨折経験者も約半数と高率であった。

これに関して、大学入学時、月経が正常に発来するまで体重を回復させるようなコーチの指導があり、その結果エネルギー不足が解消され、骨粗鬆症や無月経を防止できた可能性が考えられた。体重が増えることでパフォーマンスの低下も懸念されるが、現在までそれを支持するようなエビデンスは明確で無く、疲労骨折の予防や、将来的な骨粗鬆症の予防の観点からも体重、特に骨格筋量の増加は重要と考える。

また、女子大学生長距離アスリートにおいて、骨量が20歳代女性の基準に満たさない人が半数以上存在し、高率に10歳代で疲労骨折を起こしていたことが判明した。本研究においては、疲労骨折を起こす背景として、エネルギー摂取量不足が関連していると考えられた。既報では、無月経や低エストロゲンが女性アスリートの疲労骨折のリスク因子として挙げられており⁵⁾、JISSでの調査においても、無月経や低骨量、低いBMIが疲労骨折のリスク因子として挙げられている。これらのことから、エネルギー摂取量不足が無月経、低骨量、低体重を引き起こし、疲労骨折のリスクとなると考えられた。

6. まとめ

今回、一般若年女性、若年女性長距離ランナー、一般閉経後女性における骨密度の低下と関連する因子を検討した。若年女性に共通した因子として、低体重、低BMI、骨格筋量の低下、血中ビタミンD濃度の低下が挙げられた。一方、アスリートに特徴的な因子として、骨・筋の同化ホルモンの低下や、エネルギー摂取量の低下、カルシウム摂取量の低下が挙げられた。閉経後女性における骨密度の低下に関しては、閉経によるエストロゲンの低下が背景にあるため、若年女性でみられた因子(体重、BMI、骨格筋量、血中ビタミンD濃度)とは関連しなかった。

参考文献（文末一括）

- 1) Schroeder ET, et al. *Med Sci Sports Exerc*, 45 (11), 2044-2051, 2013.
- 2) Nichols JF, et al. *Arch Pediatr Adolesc Med* 160 : 137—142, 2006
- 3) Hoch AZ, et al. *Clin J Sport Med* 19 : 421—428, 2009
- 4) Pollock N, et al. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 20 : 418—426, 2010
- 5) 日本臨床スポーツ医学会誌 Vol. 22 No. 1, 2014.