

平成30年度

岡山大学大学院保健学研究科

博士学位申請論文

内容要旨

保健学分野

中塚 幹也 教授 指導

73428006

岩崎 由香里

平成30年12月提出

内 容 目 次

主 論 文

Thyroid function decline and diet in female high-school long-distance runners

(高校女子長距離陸上選手における甲状腺機能低下と食事)

岩崎由香里, 宮原公子, 宮武信行, 中塚幹也

Acta Medica Okayama (掲載予定)

主 論 文

Thyroid function decline and diet in female high-school long-distance runners

(高校女子長距離陸上選手における甲状腺機能低下と食事)

[緒言]

女子長距離陸上選手の健康管理上の問題点として、「low energy availability (利用可能エネルギー不足)」「無月経 (低エストロゲン状態)」「低骨密度」がある。食事への配慮のないままでの運動量の増加による「low energy availability (利用可能エネルギー不足)」は、月経異常を引き起こす。

月経が3カ月以上停止した状態である「続発性無月経」のうち、運動が原因と考えられるものは、運動性無月経と呼ばれ、低エストロゲン状態が続く。エストロゲンは骨代謝にも関係しているため、エストロゲンの低下は、骨密度の低下につながる。骨密度のピークは20歳ごろであるため、10代後半の時期の月経異常例では骨密度上昇が見られず、女性アスリートの疲労骨折の発症率を高くする可能性がある。

甲状腺ホルモンは、新陳代謝を活発にし、身体の活動の調整を行っている。このため、甲状腺機能低下は、女性アスリートのパフォーマンスの低下につながる。また、甲状腺機能低下症は、無月経 (低エストロゲン状態) や骨密度の低下に関与することが知られている。しかし、女性アスリートの甲状腺機能に関する研究はほとんどない。甲状腺ホルモンを合成するためには、脂質、たんぱく質、ヨウ素などの栄養素が必要であることが知られており、女性アスリートの甲状腺機能の研究は栄養学的にも重要である。

本研究では、高校の女子長距離陸上選手の甲状腺機能の状態を明らかにするとともに甲状腺機能と月経の状態や骨密度との関連、さらに栄養状態や身体組成との関連を明らかにする。

[方法]

1. 対象

2016年7月および2017年7月の2回、一つの高校の女子長距離陸上選手16名を対象とし、身体測定、空腹時の血液、尿検査を実施した。全員が全寮制で同じメニューの食事を摂取しており、食事調査はトレーニング実施中の3日間に実施した。本研究は所属機関の倫理委員会の承認を得て、被験者の同意のもと実施した。

2. 測定項目・方法

身体計測は、身長、体重、腹囲、ヒップ囲を測定してBMI (Body Mass Index) を算出した。脂肪率、脂肪量、筋量、骨密度の測定はDXA (Dual-energy X-ray absorptiometry) 法を用いた。

栄養・食生活調査は、3日間の寮で提供されている献立表をもとに、国民健康栄養調査に準じて、エネルギー及び栄養素を算出した。さらに、デジタルカメラを用いて前後を撮影することで、一人分から追加食品や残食の正確な量を補正した。

身体活動レベルは、1日のトレーニング時間等から算出した活動量から計算した。

血液検査により、CBC (complete blood count), GOT, GPT, γ -GTP, TSH, Free T₃, Free T₄, estradiol を測定した。尿中 NT_x (type I collagen cross-linked N-telopeptide) クレアチニン換算値を測定した。

3. 統計処理

統計処理は、SPSS version 25, (IBM Tokyo, Japan) を用いて解析し、有意水準は $P < 0.05$ とした。項目間の関連をピアソンの相関係数 (Pearsons correlation coefficient) により評価した。

[結果]

1) 身体状況

年齢 15.7 ± 0.8 [15-17] (mean \pm S. D. [range]) 歳, 身長 156.6 ± 6.3 [148.8-166.2] cm, 体重 43.4 ± 5.0 [35.9-52.1] kg, BMI 17.7 ± 1.5 [15.0-20.8] であり, 81.3% がやせ (BMI < 18.5) に分類された。体重は, 全身の骨密度および筋量とそれぞれ正の相関があった (各 $r = 0.691$, $r = 0.885$, $P < 0.05$)。

2) 食事調査

エネルギーは $2,340 \pm 454$ [1,553-3,176] kcal であった。ビタミン D (5.6 ± 2.4 μ g), ビタミン B1 (1.1 ± 0.8 mg) 以外の栄養素は, 平均値で見ると基準値 (日本人の食事摂取基準 2015 年版) を超えて摂取されていた。甲状腺機能に関連している栄養素であるヨウ素の摂取量は $2,955 \pm 1,514$ [1,253 - 4,266] μ g であり, 全ての生徒が, 推奨量を超えて摂取しており, 平均値で見ると推奨量の 21.1 倍であった。

また, ビタミン A の摂取量も $2,325 \pm 688$ [1,696 - 3,810] μ g RE であり, 全ての生徒が, 推奨量を超えて摂取しており, 平均値で見ると推奨量の 3.6 倍であった。ヨウ素の摂取量が耐容上限量を超える者の中では, 栄養強化食品やサプリメントを摂取している者が 100% と高率で, ビタミン D 摂取量と全身の脂肪率には負の相関があった ($r = -0.517$, $P < 0.05$)。

栄養強化食品やサプリメントの摂取群 ($n = 7$) と非摂取群 ($n = 9$) の間で比較すると, 身体計測, 身体組成ともに有意差はなかった。エネルギー, たんぱく質, 脂質, 炭水化物, カルシウム, 鉄, ビタミン D, ビタミン B2, ビタミン C, 食物繊維, 食塩相当量, ヨウ素, n-3 系脂肪酸は, 摂取群の方が非摂取群より有意に高値であった。

3) 身体活動レベル

身体活動レベル (PAL : Physical Activity Level) は, 基礎代謝量を 1 とすると平均 2.57 と高値であった。身体活動レベルから計算した必要なエネルギー量は $2,865 \pm$

357kcalであったが、実際に摂取しているエネルギー量 ($2,340 \pm 454$ kcal) であり、有意に低値であった ($P < 0.01$)。

4) 骨に関する検査

腰椎骨密度は 0.89 ± 0.09 g/cm であり、YAM (Young Adult Mean) 88.2 ± 8.9 [77.3 - 101.0]% であった。尿中 NT_x 値は、全身の骨密度あるいは全身の筋量と負の相関があった (各 $r = -0.713$, $r = -0.566$, $P < 0.05$)。血清 NT_x はセレンあるいは n-3 系脂肪酸の摂取量とそれぞれ負の相関があった (各 $r = -0.506$, $r = -0.569$, $P < 0.05$)。

5) 血液検査

異常値の見られた比率は、ヘモグロビン (12.0 以下) は 12.5%, GOT (30 以上) は 56.3%, GPT (30 以上) は 25.0% であった。AST および ALT は、全身の脂肪率 (各 $r = -0.737$, $r = -0.646$, $P < 0.05$)、また、全身の脂肪量と負の相関があった (各 $r = -0.729$, $r = -0.622$, $P < 0.05$)。

6) 甲状腺機能

甲状腺検査で異常高値の例はなく、異常低値が見られた者の比率は、TSH (0.3 未満) は 6.3%, Free T_3 (2.2 未満) は 31.3%, Free T_4 (0.75 未満) は 6.3% であった。甲状腺機能と身体活動レベルとの相関は見られなかった。Free T_4 は全身の骨密度と負の相関があった。Free T_3 は血清 NT_x と正の相関があった。Free T_4 は尿中 NT_x と正の相関があった。Free T_3 はたんぱく質、脂質、ビタミン D、食物繊維、ヨウ素、n-3 系脂肪酸の摂取量と負の相関があった (各 $r = -0.511$, $r = -0.516$, $r = -0.601$, $r = -0.557$, $r = -0.563$, $r = -0.719$, $P < 0.05$)。

7) 月経及びエストラジオール値

全例が続発性無月経であった。エストラジオール値は 18.6 ± 34.4 [1.0 - 143.6] pg/ml であり、87.5% が 21pg/ml 未満と低値であった。エストラジオールは脂肪あるいは n-3 系脂肪酸の摂取量とそれぞれ負の相関が見られた (各 $r = -0.520$, $r = -0.549$, $P < 0.05$)。

[考察]

過去の報告と同様に高校女子長距離陸上選手の体格は、やせの割合が高く、骨密度は低値を示していた。骨密度、筋量などの身体組成は、体重と関連が見られた。

高校生女子長距離陸上選手は、1日3食の食事を摂取することで、エネルギー以外の必要な栄養素の摂取はできていた。さらに、サプリメントに頼る傾向がみられるが、過剰摂取によるビタミンAの過剰蓄積による肝臓障害などの症状を引き起こす例も知られている。

本対象は、昆布を意識して摂取していることから、一般の日本人よりもヨウ素が過剰摂取の状態になっていた。ヨウ素の摂取量と Free T_3 とは負の相関が見られた。栄養豊富な食品やサプリメントからのヨウ素の継続的な過剰摂取は甲状腺機能の抑制を引き起こすかもしれないが、この効果は一時的である。したがって、甲状腺機能に対するヨードの過剰摂取の影響は小さい可能性が高い。いくつかの栄養素と甲状腺ホルモンとの

間に相関が認められたので、さらなる調査が必要である。

骨へのカルシウム吸収に関わっている栄養素であるビタミン D の摂取量は、体組成、特に体脂肪量との関連が示唆されている。ビタミン D を摂取することで筋肉量は増加し、脂肪率は低下することが知られているが、本研究でも同様の傾向がみられた。筋量を適切に増加するためにはエネルギーを増やすことが必要である。しかし、本研究において、高校生女子長距離陸上選手のエネルギー摂取量は身体活動レベルから計算したエネルギーに比べて、低い値になっていた。

女性の長距離陸上選手や体操選手について、摂取エネルギーの制限により月経異常の割合が高くなりやすいと言われている。今回の対象全例が月経異常であり、低エストロゲン状態も高率であった。

また、本研究の対象の骨密度は低下しており、 NT_x （血清、尿中）は、健常人の参考値、正常参考値と比較すると閉経後女性値に該当したことから、骨折のリスクが高い状態であると推測された。ビタミン D の摂取量の低い例では骨密度が低かった。海外では多くの臨床試験が行われており、ビタミン D の $17.5 \mu g$ 以上の摂取では大腿骨付近部骨折を抑制するとの報告もある。女性長距離陸上選手においても、ビタミン D の摂取が骨密度上昇に有効である可能性がある。

本研究の対象者では、Free T_3 値は低下していたが、TSH 値は上昇していなかった。神経性食思不振症（思春期やせ）では、Free T_3 が低値でも TSH 値は正常であることが知られており、高校女子長距離陸上選手は神経性食思不振症と同様の状態であることが明らかになった。Free T_3 への末梢性転換は慢性飢餓時に障害されることが知られている。やせ状態にある高校女子長距離陸上選手も、このような機序で甲状腺機能が低下している可能性がある。特に低下が著しい場合には、競技のパフォーマンスにも悪影響を及ぼしている可能性もあり、測定することが望ましい。

また、甲状腺ホルモンの Free T_4 は全身の骨密度と正の相関があり、甲状腺機能は骨代謝マーカーや骨密度と関連していると考えられた。甲状腺機能はエストラジオールや体格と関連があるといわれているが、甲状腺機能を保ち、骨折を予防するためには、適正な体重を維持することが重要であると推測される。

[結論]

女性の高校長距離走選手では、甲状腺ホルモンは骨密度および栄養摂取量と関連していた。女性の運動選手の月経異常を改善し、骨密度を高めるためには、適正な栄養素摂取による体重管理を行い、甲状腺機能を保持することが必要である。