

# 無月経トップアスリートへの 栄養指導による energy availability と 黄体化ホルモンの変化の検討

Changes in energy availability and luteinizing hormone levels by  
nutritional guidance in amenorrheic elite athletes

石井美子\*<sup>1</sup>, 能瀬さやか\*<sup>1,2</sup>, 亀井明子\*<sup>1</sup>

キー・ワード：amenorrhea, energy availability, luteinizing hormone  
無月経, energy availability, 黄体化ホルモン

【要旨】 アメリカスポーツ医学会では, low energy availability (利用可能エネルギー不足: low EA), 視床下部性無月経, 骨粗鬆症を「女性アスリートの三主徴」と定義している。女性アスリートの三主徴の起点である low EA が続くと黄体化ホルモン (luteinizing hormone: LH) の周期的な分泌が抑制され無月経となる。無月経に伴う低エストロゲン状態は骨量低下を引き起こすことから, 適切なエネルギー摂取により low EA を改善することが必要となる。また, 近年, low EA に伴う無月経の治療として, エネルギーバランス改善の重要性について認識されつつあるものの, low EA の改善が LH の改善に有効であることを示した報告はなく, これまで日本人を対象とした報告もない。そこで, 2015年5月から2016年2月の間に, 国立スポーツ科学センター婦人科を受診した無月経のトップアスリート6名(20.2±3.8歳)を対象に栄養指導を3か月間行い, 栄養指導介入前後の EA と LH 値の変化について検討した。その結果, EA 増加が4名, 減少が2名であり, 全症例において EA と LH 値の変化量に有意な相関はみられなかったものの, EA と LH 値は同様に変動した。また, エネルギー摂取量と運動によるエネルギー消費量の変化量を比較すると, 運動によるエネルギー消費量の方がより EA の増減に影響していた。EA が増加した4名については月経の回復はみられなかったが, EA の改善が LH 値の改善に重要であることを裏付ける結果となった。

## 緒 言

女性アスリート特有の健康問題について, 2007年にアメリカスポーツ医学会は, low energy availability (利用可能エネルギー不足: low EA), 視床下部性無月経, 骨粗鬆症を女性アスリートの三主徴と定義した。low EA は「エネルギー摂取量」から「運動によるエネルギー消費量」を差し引いた energy availability (EA) が, 1日除脂肪量 (Fat Free Mass: FFM) 1kg あたり 30kcal 未満と定義されている<sup>1)</sup>。Loucks らは, low EA の状態が

続くと, 黄体化ホルモン (luteinizing hormone: LH) の周期的な分泌が抑制され無月経となることを報告している<sup>2)</sup>。無月経に伴う低エストロゲン状態は骨量低下を引き起こすことから, 無月経の改善には適切なエネルギー摂取により low EA を改善することが必要となる<sup>3)</sup>。Lagowska らは, 続発性無月経または希発月経の女性アスリート31名を対象に3か月間の栄養指導介入を実施し, 介入3か月後に EA と LH 値が有意に改善したことを報告しているが, 個々人の EA と LH 値の相関については明らかになっていない<sup>4)</sup>。また近年, low EA に伴う無月経の治療としてエネルギーバランス改善の重要性について認識されつつあるものの, low EA の改善が LH 値の改善に有効であるか

\*1 国立スポーツ科学センター

\*2 東京大学医学部附属病院女性診療科・産科

を示した報告はなく、日本人を対象とした報告もない。2014年にアメリカスポーツ医学会は、無月経の治療目標値としてEAを45kcal/kg FFM/day以上とすること、またEAの算出が困難な場合は標準体重の90%以上またはBMI18.5以上とすることを推奨している<sup>5)</sup>。そのための治療目標には体重、Body Mass Index (BMI)の増加を、また、エネルギーバランスにおいては、食事によるエネルギー摂取量の増加または運動によるエネルギー消費量の減少、もしくはその両方の実施を推奨している<sup>5)</sup>。

小清水は、日本人無月経アスリートのEAは25.8kcal/kg FFM/dayであったと報告している<sup>6)</sup>。能瀬はBMI18.5未満のアスリートではBMI18.5以上のアスリートと比較し、有意に無月経の割合が高い結果であったと報告している<sup>7)</sup>。また、競技別の頻度に関する報告はみられるものの<sup>8,9)</sup>、EAとLH値の関連、さらにEA増加を目的とした栄養指導によるEAとLH値の変化についての報告は無い。以上のことから、日本人の無月経トップアスリートを対象に栄養指導を実施し、EAとLH値の変化について検討することを目的とした。

## 対象および方法

### 1) 対象

2015年5月から国立スポーツ科学センター婦人科を受診した無月経のトップアスリートのうち、ホルモン剤の使用が無く、かつ栄養指導を受けていない6名(20.2±3.8歳)を対象とした。競技種目の内訳は、陸上長距離3名、競泳1名、スケート1名、スキー1名だった。なお、対象者は、婦人科医が診察及びホルモン値を測定した結果、LH値が3mIU/ml以下であり「low EAによる無月経である」と診断したアスリートとし、多嚢胞性卵巣症候群等、low EA以外の原因による無月経と診断されたアスリートは対象者から除外した。また、本研究では「low EA」の基準として、管理栄養士が介入前にEAを調査し、アメリカスポーツ医学会が定義する無月経の治療目標値である45kcal/kg FFM/day未満をlow EAとし、研究の対象とした。

本研究については、国立スポーツ科学センター倫理委員会の承認後、対象選手に目的および内容、個人情報の保護について説明の上、書面にて同意

を得て実施した。

### 2) 調査方法

全対象者に、2015年5月から2016年2月の間の3か月間に個別栄養指導を行い、栄養指導介入前と介入3か月後のEA、体組成、ホルモン値についての比較および関連を検討した。

#### a. 身体計測および血液検査

初回受診時に、身長を測定し、体重およびインピーダンス法(Inbody730:バイオスペース社製)による体組成を測定した。体組成の項目は体脂肪率、除脂肪量とし、採血は、午前9時から10時の間に施行し、卵胞刺激ホルモン(follicle-stimulating hormone: FSH)、黄体化ホルモン(LH)、エストラジオール(estradiol: E<sub>2</sub>)を測定した。

#### b. 食物摂取量および運動によるエネルギー消費量調査

食物摂取量調査は、EA判定のため食事写真を併用した秤量法による自記式食事記録調査法にて、栄養指導介入前は3日間、介入後は2日間実施した。調査日は練習内容が異なる日を設定したため、連続または非連続とした。調査内容は、サプリメント等を含む摂取した全ての飲食物とし、管理栄養士が調査方法の説明と記入内容の確認を行い、日本食品標準成分表2010<sup>10)</sup>および食品ごとの栄養表示をもとにエネルギーおよび栄養素摂取量を算出した。運動によるエネルギー消費量は、食事記録調査と同日の自記式運動記録から要因加算法により身体活動のメッツ(METs)表<sup>11)</sup>を用いて算出した。EAは、「エネルギー摂取量」から「運動によるエネルギー消費量」を引いたエネルギー量と、FFM kg/dayあたりの値を算出した。

### 3) 栄養指導

栄養指導介入前の食物摂取量調査からの栄養摂取状況を評価後、対象者との面談等により、翌月のトレーニングスケジュールや試合の予定を確認した上で翌月の運動量の増減を推定した。運動量が増加する、または運動量の減少が見込めずエネルギー摂取量を増加させる場合は、国際オリンピック委員会の指針<sup>12)</sup>に基づき300~600kcalの増加を提案し、対象者と相談しながら目標量を設定した。運動量の減少が予想される場合は、エネルギー消費量の減少量に応じて目標エネルギー摂取量を設定した。栄養素の1日あたりの目標摂取量としては、たんぱく質はアメリカスポーツ医学

表 1 栄養指導介入前後の身体特性の比較

				n = 6
		介入前	介入後 (3か月後)	p values <sup>†</sup>
身長	(cm)	155.1 ± 3.9	155.1 ± 3.9	—
体重	(kg)	43.4 ± 5.2	43.5 ± 5.0	0.917
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	18.0 ± 1.5	18.0 ± 1.4	0.893
体脂肪率	(%)	16.2 ± 2.8	16.1 ± 2.7	0.715
除脂肪量	(kg)	36.3 ± 3.9	36.5 ± 4.0	0.917

値は平均値 ± 標準偏差で示した。

<sup>†</sup> Wilcoxon の符号付き順位検定

会の栄養とスポーツパフォーマンスに関する声明<sup>13)</sup>で示している体重 1kg あたり 1.2~1.7g, 炭水化物はアスリートの糖質摂取ガイドライン<sup>14)</sup>に基づき体重 1kg あたり 3~12g, 脂質は日本人の食事摂取基準 2015 年版<sup>15)</sup>に基づき脂質エネルギー比率 20~30% と設定した。骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015 年版<sup>16)</sup>等に基づき, カルシウムは 700mg 以上, ビタミン D は 10~20 $\mu$ g, ビタミン K は 250~300 $\mu$ g とし, その他のビタミン及びミネラルは日本人の食事摂取基準 2015 年版<sup>15)</sup>等の値を参考にして設定した。これらの目標摂取量を達成するために食事や補食, 練習中の飲料等の改善について, 1 か月に 1 回以上の面談もしくはメールにて栄養指導を実施した。

#### 4) 統計処理

すべての値を平均値 ± 標準偏差で表した。連続変数の比較には Wilcoxon の符号付き順位検定, 相関係数の算出には Spearman の順位相関分析を用いた。なお統計解析には IBM SPSS Statistics (ver.24)を用い, 統計的有意水準は 5%(両側検定)とした。

## 結 果

### 1. 身体特性の変化

栄養指導介入前と介入 3 か月後の比較を表 1 に示す。体重は介入前 43.4 ± 5.2kg, 介入後 43.5 ± 5.0kg ( $p=0.917$ ), BMI は 18.0 ± 1.5, 18.0 ± 1.4 ( $p=0.893$ ), 体脂肪率は 16.2 ± 2.8%, 16.1 ± 2.7% ( $p=0.715$ ), 除脂肪量は 36.3 ± 3.9kg, 36.5 ± 4.0kg ( $p=0.917$ ) と全ての項目において介入前後で有意な差はみられなかった。

### 2. 栄養素摂取量の変化

栄養素摂取量の比較を表 2 に示す。たんぱく質は介入前 104.4 ± 25.6g, 介入後 97.0 ± 24.6g, 脂質は

74.7 ± 26.4g, 72.9 ± 19.1g, 炭水化物は 302.2 ± 39.1g, 308.0 ± 59.7g, エネルギー産生栄養素バランス(%エネルギー)のたんぱく質:脂質:炭水化物は 18:28:54, 17:29:55, カルシウムは 899 ± 274mg, 914 ± 249mg, ビタミン D は 17.9 ± 7.6 $\mu$ g, 17.1 ± 12.2 $\mu$ g であり, その他のビタミン・ミネラル含め全ての項目において有意な差はみられなかった。

### 3. EA の変化

エネルギー摂取量, 運動によるエネルギー消費量, EA, 運動時間の比較を表 3 に示す。介入前後のエネルギー摂取量は 2317 ± 356kcal, 2298 ± 461kcal, 運動によるエネルギー消費量は 1059 ± 438kcal, 1026 ± 458kcal, EA は 34.8 ± 5.7kcal/kg FFM/day, 34.7 ± 8.6kcal/kg FFM/day, 運動時間は 180 ± 52 分, 180 ± 80 分と全ての項目において有意な差はみられなかった。

個人ごとの EA の変化を図 1 に示す。介入後に EA が増加した選手は, A, B, C, D の 4 名, 減少したのは選手 E, F の 2 名だった。

#### 3-1. EA 増加例

EA の変化の内訳として, 個人ごとの栄養指導介入前後のエネルギー摂取量に対する運動によるエネルギー消費量および EA の変化を図 2 に示す。なお, 図中に介入 3 か月後の目標エネルギー摂取量を記載した。

選手 A は, エネルギー摂取量増加に対し, 運動によるエネルギー消費量は介入前とほぼ同じだったため, EA が 891kcal から 1565kcal に増加し, FFM1kg あたりの EA も増加した。一方, 選手 B は, エネルギー摂取量が減少したものの運動によるエネルギー消費量の減少量が上回ったため, EA が 1397kcal から 1576kcal に増加し, FFM1kg あたりの EA も増加した。選手 C, D も選手 B と同

表 2 栄養指導介入前後の栄養素摂取量の比較

n = 6

		介入前	介入後 (3か月後)	p values <sup>†</sup>
たんぱく質	(g)	104.4 ± 25.6	97.0 ± 24.6	0.249
脂質	(g)	74.7 ± 26.4	72.9 ± 19.1	0.600
炭水化物	(g)	302.2 ± 39.1	308.0 ± 59.7	0.917
食物繊維総量	(g)	18.7 ± 7.3	18.7 ± 6.9	0.917
カルシウム	(mg)	899 ± 274	914 ± 249	0.917
鉄	(mg)	16.7 ± 8.5	13.0 ± 4.3	0.173
ビタミン A	(μgRE) <sup>※1</sup>	2998 ± 3401	858 ± 358	0.116
ビタミン D	(μg)	17.9 ± 7.6	17.1 ± 12.2	0.917
ビタミン K	(μg)	423 ± 133	359 ± 132	0.345
ビタミン B <sub>1</sub>	(mg)	1.64 ± 0.45	1.60 ± 0.59	0.753
ビタミン B <sub>2</sub>	(mg)	2.52 ± 0.95	2.05 ± 0.55	0.173
ビタミン C	(mg)	185 ± 81	297 ± 255	0.600
たんぱく質/体重 kg	(g)	2.4 ± 0.7	2.3 ± 0.8	0.249
炭水化物/体重 kg	(g)	7.1 ± 1.3	7.2 ± 2.0	0.917
たんぱく質エネルギー比	(%)	18.0 ± 3.0	16.8 ± 2.0	0.345
脂質エネルギー比	(%)	28.4 ± 6.6	28.7 ± 4.8	0.463
炭水化物エネルギー比	(%)	53.6 ± 8.6	54.5 ± 5.3	0.917

値は平均値 ± 標準偏差

<sup>†</sup> Wilcoxon の符号付き順位検定

<sup>※1</sup> RE : レチノール当量

表 3 栄養指導介入前後のエネルギー摂取量, 運動によるエネルギー消費量, EA, 運動時間の比較

n = 6

		介入前	介入後 (3か月後)	p values <sup>†</sup>
エネルギー摂取量	(kcal)	2317 ± 356	2298 ± 461	0.917
運動によるエネルギー消費量	(kcal)	1059 ± 438	1026 ± 458	0.917
EA	(kcal/kg FFM/day)	34.8 ± 5.7	34.7 ± 8.6	0.917
運動時間/日	(分)	180 ± 52	180 ± 80	0.917

値は平均値 ± 標準偏差で示した.

<sup>†</sup> Wilcoxon の符号付き順位検定

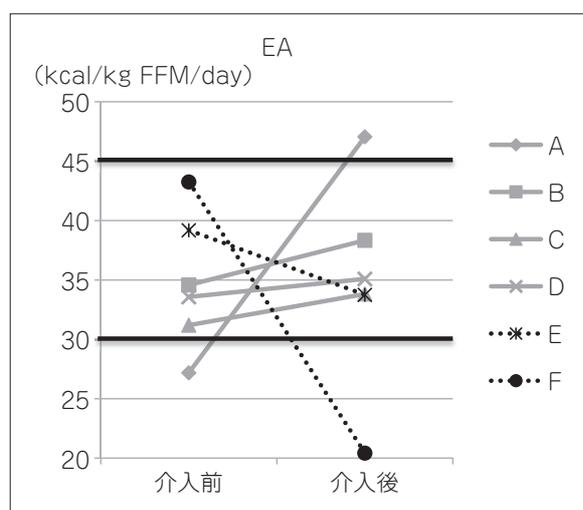


図 1 各選手の栄養指導介入前後の EA の変化

様の理由で EA が増加した. 目標エネルギー摂取量に対しては, 選手 B, C, D は達しなかった.

### 3-2. EA 減少例

選手 E はエネルギー摂取量が増加したものの, 運動によるエネルギー消費量の増加量が上回ったため, EA が 1269kcal から 1115kcal に減少し, FFM1kg あたりの EA も減少した. 一方, 選手 F は, エネルギー摂取量が減少し, 運動によるエネルギー消費量が増加したため, EA および FFM1 kg あたりの EA が減少した. 目標エネルギー摂取量に対しては, 選手 E は上回ったが, 選手 F は達しなかった.

### 4. FSH, LH, E<sub>2</sub> の変化

ホルモン値の比較を表 4 に示す. 介入前後で

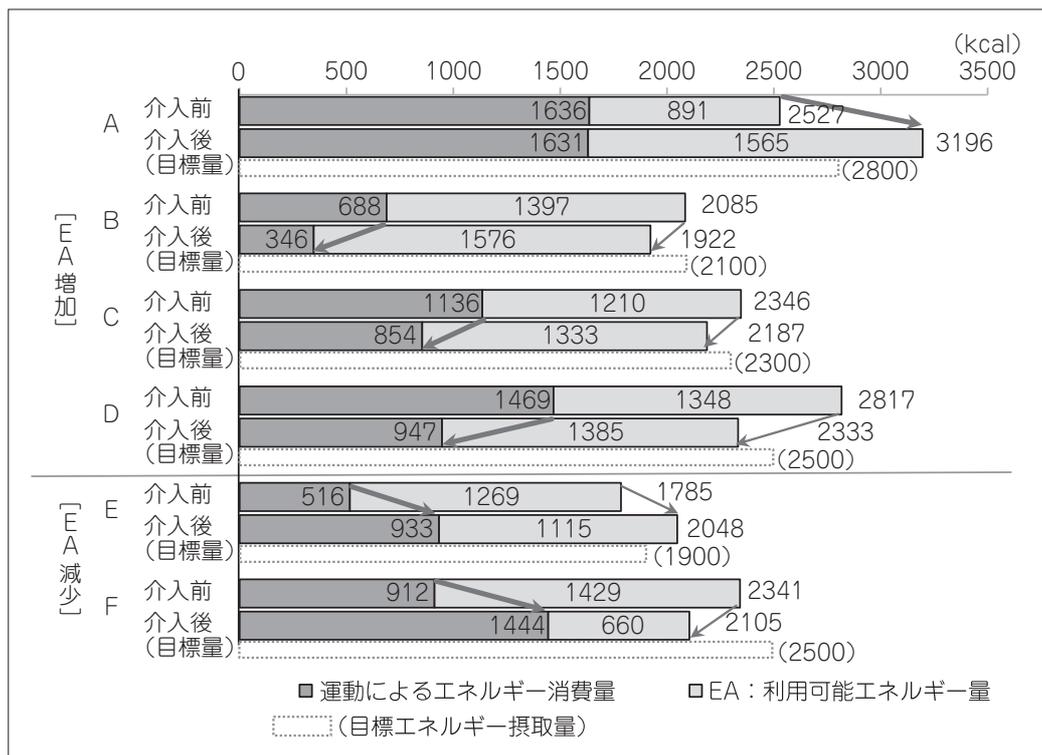


図2 各選手の栄養指導介入前後のエネルギー摂取量に対する運動によるエネルギー消費量およびEAの比較

表4 栄養指導介入前後のホルモン値の比較

n = 6

	介入前	介入後 (3か月後)	p values <sup>†</sup>
卵胞刺激ホルモン (FSH) (mIU/mL)	4.2 ± 1.3	5.5 ± 2.2	0.463
黄体化ホルモン (LH) (mIU/mL)	1.1 ± 0.8	2.1 ± 2.2	0.345
エストラジオール (E <sub>2</sub> ) (pg/mL)	27.7 ± 20.2	33.5 ± 16.5	0.752

値は平均値 ± 標準偏差で示した。

<sup>†</sup> Wilcoxon の符号付き順位検定

FSH は、4.2 ± 1.3mIU/mL, 5.5 ± 2.2mIU/mL, LH は 1.1 ± 0.8mIU/mL, 2.1 ± 2.2mIU/mL, E<sub>2</sub> は 27.7 ± 20.2pg/mL, 33.5 ± 16.5pg/mL であり、全ての項目において有意な差はみられなかった。

#### 5. EA と LH 値, E<sub>2</sub> 値, FSH 値の関連

個人ごとの EA と LH 値, E<sub>2</sub> 値, FSH 値の変化を 図3 に示す。選手 A~D の 4 名は EA と LH 値および FSH 値がともに増加し、選手 E, F の 2 名はともに減少した。全症例において EA と LH 値および FSH 値が同様に変動したが、EA と LH 値および FSH 値の変化量には有意な相関はみられなかった (ともに r=0.771, p=0.072)。EA と E<sub>2</sub> 値については同様の変動はみられなかった。なお、介入 3 か月後において月経の回復はみられた選手

はいなかった。

#### ■ 考 察

Low EA に伴う無月経の日本人トップアスリートへ栄養指導を実施し、栄養指導介入前後の EA と LH 値の変化について検討した。本研究では、全症例で EA と LH 値および FSH 値の変化量に有意な相関はみられなかったが同様の変動がみられ、EA の増加が LH の改善に重要であることを裏付ける初めての報告となった。また、EA の改善には、エネルギー摂取量に加え運動によるエネルギー消費量の評価も重要であることを示す結果となった。

Loucks らは、low EA により下垂体からの周期

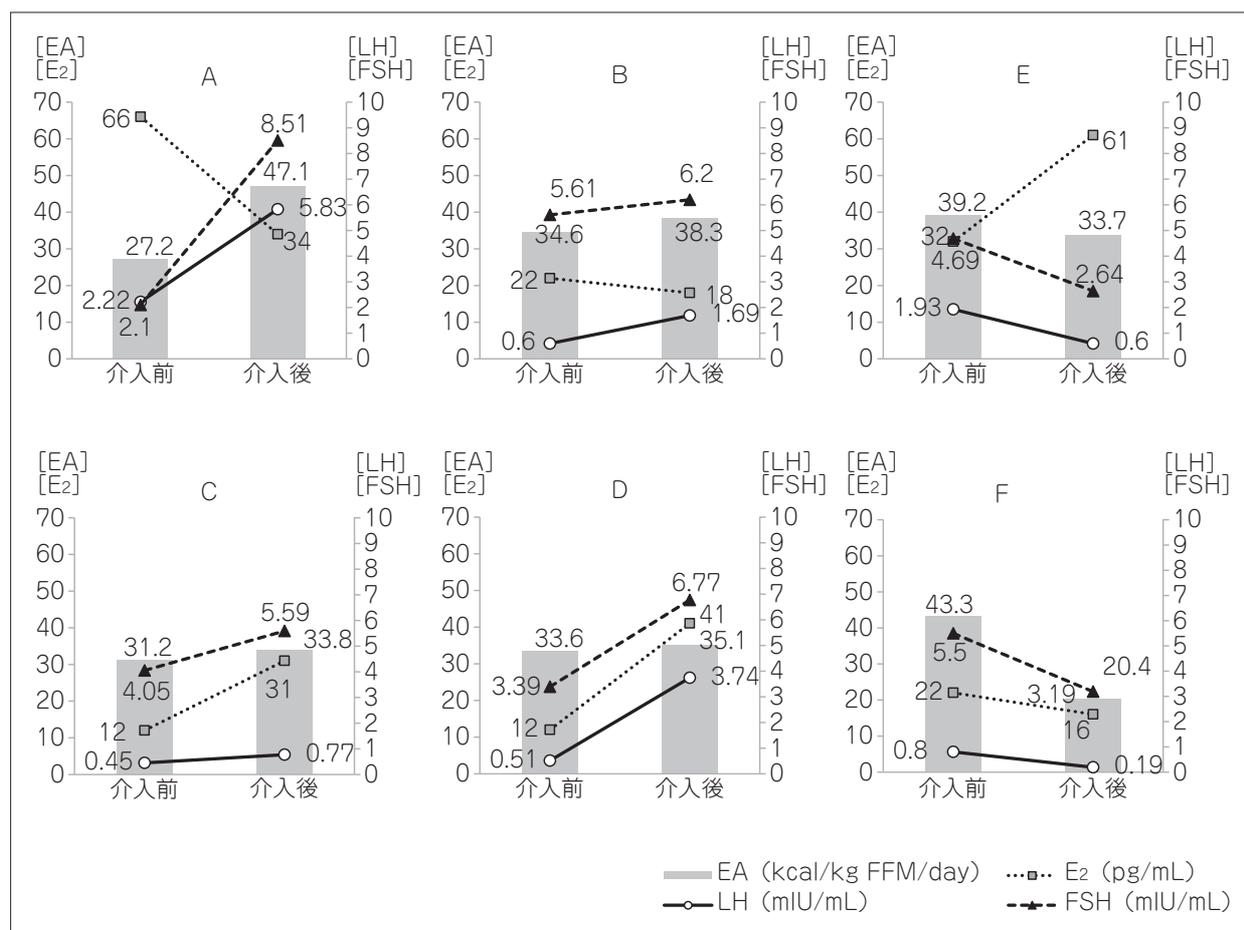


図3 各選手の栄養指導介入前後のEAとLHおよびE<sub>2</sub>, FSHの変化

的なLHの分泌が抑制され無月経となることを報告している<sup>2)</sup>。この報告は、low EAの改善が、LH値の上昇に有効であることを示唆する結果であるが、これを裏付けるデータはない。このため、low EAによる無月経のアスリートに対し、low EAの改善がなされないままホルモン療法が実施されている現状にある。アメリカスポーツ医学会や国際オリンピック委員会の指針では、low EAによる無月経に対する治療指針としてホルモン療法は第一選択ではなく、low EAの改善、つまり、エネルギー摂取量と運動によるエネルギー消費量の見直しが重要であるとしている<sup>5,12)</sup>。また、low EAの診断や改善の指標としてLH値を指標とするが、Oral Contraceptives・Low-dose Estrogen Progestin等のエストロゲン・プロゲステン製剤が投与されるとLH値の抑制によりLH値がlow EA改善の指標として使用できなくなることも懸念されている。無月経のアスリートにおいてEA値とLH値の関連を明らかにすることで、low EAの改善の重要性を示すことが出来、今後の治療指

針につなげることができる。本調査結果において、EA値とともにLH値およびFSH値が上昇した4例においては、今回月経の再開にいたらなかったが、この要因として本調査期間が3か月という短期間であったため十分な評価が難しかったことが要因と考えられる。また、我々の調査結果より、実際にEA値を評価し介入を行う際、エネルギー摂取量のみならず運動によるエネルギー消費量の評価も重要であることが明らかとなった。Lagowskaらによる栄養指導介入では、介入3か月後、運動によるエネルギー消費量と除脂肪量に有意な変化はみられなかったが、エネルギー摂取量とEAが有意に増加した<sup>4)</sup>。このことからEAの増加にはエネルギー摂取量の増加が影響していたと考えられる。しかし、本研究でEAの増減を個人ごとのエネルギーバランスで見ると、エネルギー摂取量の増減のみが影響しているわけではなく、対象者6名中5名では、EAの増減にはエネルギー摂取量よりも運動によるエネルギー消費量が影響していた。したがって、EA増加のための治療目標として

は、エネルギー摂取量のみならず運動によるエネルギー消費量の増減を慎重に推定し、運動によるエネルギー消費量を調整することが重要である。しかし、本研究のトップアスリートのように年間を通じて試合や海外遠征、強化合宿等が多く、運動によるエネルギー消費量の調整が困難な選手では、確実にエネルギー摂取量を増加させることが重要となる。本研究においても、運動によるエネルギー消費量の増減を推定し目標エネルギー摂取量を設定後、その目標量を満たすための行動計画として毎日摂取する食品と摂取量を提示して栄養指導を行ったが、目標エネルギー摂取量に達したのは2名に留まった。一方、EAが減少した2名については、運動によるエネルギー消費量の増加に見合ったエネルギー量を摂取できていなかった。その要因として、運動時間や運動強度の増加に伴い、食事時間及び消化時間の確保が困難であったこと、練習のために食事を抑えたこと、食欲の低下等があげられた。以上のことから、目標エネルギー摂取量を達成するためには、1か月ごとの栄養指導介入では頻度が不十分であり、その要因の解決に対応しきれなかったと考える。EA増加のための栄養指導として、特に練習量の増加が予測される場合においては、練習スケジュールや練習環境、献立内容、食欲といった面からの確認及び調整が即座に求められる。加えて、low EAの状態が続くと骨量低下を引き起こし、 $E_2$  20pg/mL以下のアスリートで疲労骨折のリスクが高いことが示唆されている<sup>8)</sup>。したがって、EA増加のための食事改善においては、エネルギーバランスに注視するだけでなく、疲労骨折の予防、改善の観点からもカルシウム、ビタミンD、ビタミンK等の栄養素摂取状況の改善も重要であることを忘れてはならない<sup>17~20)</sup>。

本研究の限界は二つあり、一つ目は対象者が6名と少ないため症例数を増やしていくことが必要である。二つ目は1か月毎の栄養指導であったため、運動によるエネルギー消費量の推定と目標エネルギー摂取量の設定が困難であり、かつその実施状況を把握しきれなかったことである。

今後の課題は、日本人におけるlow EAの定義の検討である。現在、low EAの診断基準はアメリカスポーツ医学会の基準を用いているが、体格や人種が異なることから日本人のデータを蓄積し、low EAの定義を見直すことが必要である。また、

スポーツの現場で簡易的なlow EAのスクリーニングとして、体重での評価の可能性についても検討すべき課題である。

## 結 語

LHの改善には、low EAの改善が有効であることが示唆された。また、EAの評価には、エネルギー摂取量のみならず運動によるエネルギー消費量の評価も重要である。EA改善においては、ホルモン値の把握を含め産婦人科医や、練習環境を管理する指導者、および管理栄養士との連携が重要になると考える。

## 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) 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.
- 2) Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2003; 88: 297-311.
- 3) Barrack MT, Gibbs JC, De Souza MJ, et al. Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women. *Am J Sports Med.* 2014; 42: 949-958.
- 4) Lagowska K, Kapczuk K, Friebe Z, et al. Effects of dietary intervention in young female athletes with menstrual disorders. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 26: 11-21.
- 5) 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: 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: 289-308.
- 6) 小清水孝子. 産婦人科医による「エネルギー不足」改善にむけての栄養指導法の提案, 平成27年度日本医療研究開発機構女性の健康の包括的支援実用化研究事業 若年女性のスポーツ障害の解析とその

- 予防と治療. 日本産科婦人科学会雑誌. 2016; 68: 4号付録 16-24.
- 7) 能瀬さやか. 女性アスリートの競技レベル別にみた無月経と疲労骨折の調査. 日本女性医学学会雑誌. 2016; 23: 233-238.
- 8) 能瀬さやか, 土肥美智子, 難波 聡, 他. 女性トップアスリートにおける無月経と疲労骨折の検討. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2014; 22: 67-74.
- 9) 大須賀穰, 能瀬さやか. アスリートの月経周期異常の現状と無月経に影響を与える因子の検討, 平成27年度日本医療研究開発機構女性の健康の包括的支援実用化研究事業 若年女性のスポーツ障害の解析とその予防と治療. 日本産科婦人科学会雑誌. 2016; 68: 4号付録 4-15.
- 10) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告. In: 日本食品標準成分表 2010. 東京: 全国官報販売協同組合; 2010.
- 11) 国立健康・栄養研究所 (編). 身体活動のメッツ (METs) 表. 改訂版. 東京: 2012.
- 12) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Br J Sports Med. 2014; 48(7): 491-497.
- 13) Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc. 2009; 41: 709-731.
- 14) Burke LM, Hawley JA, Wong SH, et al. Carbohydrate for training and competition. J Sports Sci. 2011; 29: S17-S27.
- 15) 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準 (2015年版) 策定検討会」報告書. 平成 26 年 3 月. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000041824.html> (2017 年 10 月).
- 16) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会 (編). 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015 年版. 東京: ライフサイエンス出版; 2015.
- 17) 難波 聡. 女性アスリートの “energy availability” と月経異常. 臨床スポーツ医学. 2009; 26: 429-432.
- 18) 虎石真弥, 上西一弘. 大学生男子陸上長距離選手の骨状態と骨におけるビタミン K 栄養状態の関連. 栄養学雑誌. 2011; 69: 115-125.
- 19) 上西一弘. カルシウムとビタミン D の関係. 臨床栄養. 2017; 130: 175-176.
- 20) 津川尚子. ビタミン K 不足の意義. 臨床栄養. 2017; 130: 177-183.

(受付: 2017 年 11 月 10 日, 受理: 2018 年 12 月 13 日)

## Changes in energy availability and luteinizing hormone levels by nutritional guidance in amenorrheic elite athletes

Ishii, Y.<sup>\*1</sup>, Nose-Ogura, S.<sup>\*1,2</sup>, Kamei, A.<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Japan Institute of Sports Sciences

<sup>\*2</sup> Department of Obstetrics and Gynecology, The University of Tokyo

**Key words:** amenorrhea, energy availability, luteinizing hormone

**[Abstract]** It has been considered that low energy availability (EA) causes amenorrhea. Amenorrhea is highly frequent among female athletes. Low EA suppresses pulse secretion of luteinizing hormone (LH), which results in amenorrhea. However, it has not been clarified whether improvement of EA influences the LH levels. Six amenorrheic elite Japanese athletes ( $20.2 \pm 3.8$  years old) were examined for three months for changes in their EA and LH levels while receiving nutritional guidance at the Japan Institute of Sports Sciences from May 2015 to February 2016. The balance between energy intake and exercise energy expenditure, nutrient intake, LH, FSH, body composition, and estradiol was measured before and after nutritional guidance. Our results showed that changes in the EA increased in four athletes and decreased in two athletes. Although there was not a significant correlation between the changes in the EA and the LH levels in any cases, the EA and LH levels showed similar changes. EA improvement was also affected more by changes in exercise energy expenditure than in energy intake. Our results indicated that improvement of EA leads to an increase in LH levels. Therefore, we found that the most important treatment for amenorrhea caused by low energy availability in athletes is improvement of EA, especially through changes in exercise energy expenditure.