

試合調整期における女性陸上短距離選手の身体活動レベルとエネルギーバランスの検討

村松愛梨奈¹⁾ 安達 瑞保¹⁾ 濱野 早紀²⁾
家崎 仁成³⁾ 寺本 圭輔⁴⁾ 乙木 幸道⁵⁾
井川 正治¹⁾

- 1) 日本体育大学
- 2) 明治学院大学
- 3) 愛知教育大学大学院
- 4) 愛知教育大学
- 5) 株式会社ファインライズジャパン

The study of physical activity level and energy balance during tapering period in female sprint runners

Erina MURAMATSU¹⁾ Mizuho ADACHI¹⁾
Saki HAMANO²⁾ Kiminari IEZAKI³⁾
Keisuke TERAMOTO⁴⁾ Kodo OTOKI⁵⁾
Shoji IGAWA¹⁾

- 1) Nippon Sport Science University
- 2) Laboratory of Health and Sports Science, Meiji Gakuin University
- 3) Graduate Student, Aichi University of Education
- 4) Aichi University of Education
- 5) Fine Rise Japan, Co.Ltd.

キーワード：女性競技者、身体活動レベル、エネルギーバランス

Key Words：female athletes, physical activity level, energy balance

本研究では女性陸上短距離選手を対象に、試合調整期の身体活動レベルおよびエネルギーバランスを明らかにすることを目的とした。また、エネルギー不足が大きい競技者のエネルギー消費・摂取量に関連する指標の特徴について検討した。その結果、試合調整期の身体活動レベルは 2.50 ± 0.81 と高値を示し、エネルギーバランスは大きく負の値を示すことが明らかとなった。また、身体活動レベルとエネルギーバランスに有意な正の相関が認められたことから、身体活動レベルがより高い値を示す選手ほど、エネルギー不足に陥りやすい傾向にあることが示唆された。特に、エネルギー不足が大きい選手の特徴としては、身体活動レベルが高値を示した一方で、エネルギー摂取量やPFC比については、エネルギー不足が小さい選手と有意差が認められなかったため、高い身体活動レベルに見合うエネルギー摂取量の調整ができていないことが明らかとなった。

I. 緒言

競技者のパフォーマンスの向上には、日々のト

レーニングに加えて、活動量に合わせた適切な食事管理が必要である。しかしながら、競技者を対象に行われてきた栄養調査では、エネルギー摂取

不足が多く報告されており¹⁴⁾、エネルギー消費量に見合うエネルギー量を摂取できていない競技者が多いと考えられる。特に、女性競技者においてはエネルギー不足が深刻な健康問題を引き起こしており、2007年にはアメリカスポーツ医学会により、女性競技者における三大健康問題の一つとして「利用可能なエネルギーの不足」が提唱された⁵⁾。エネルギー不足は、女性ホルモンの分泌に影響を与え、月経異常を引き起こすだけでなく、骨密度の低下による疲労骨折を誘発する^{6, 7)}。日本人女性エリート競技者においては、4割が月経異常を有することが報告されていることから⁸⁾、多くの女性競技者が慢性的なエネルギー不足を有している可能性が考えられる。

エネルギー不足の予防・改善には、エネルギー消費量に見合う十分なエネルギーを摂取することが重要であり^{8, 9)}、そのためには選手自身のエネルギー消費量の実測値、もしくはエネルギー摂取量 (Energy Intake : EI) の目安や目標量といった基準値を参考にした栄養管理が必要である。現在、日本人競技者の食事摂取基準値としては、「スポーツ選手の栄養調査・サポート基準値策定及び評価に関するプロジェクト報告」において、1日に摂取すべきエネルギー必要量の推定法が提示されている¹⁰⁾。エネルギー必要量の推定には、身体活動レベル (Physical Activity Level : PAL) の基準値が必要である¹⁰⁾。PALは競技特性およびトレーニング期分けに大きく影響されると考えられるため、基準値では、オフトレーニング期および通常トレーニング期に分けて設定されている¹⁰⁾。しかしながら、他のトレーニング期分けについてはPALの基準値が設定されていないのが現状である。例えば、試合調整期では、試合でより良いパフォーマンスを得るために、トレーニング量と強度をコントロールするテーピングが実施される¹²⁾。したがって、通常トレーニング期とはPALの値も異なる可能性が考えられるため、早急に基準値の検討が必要であろう。

PALの基準値の決定は、競技者の食事摂取基準¹⁰⁾や日本人の食事摂取基準 (2010年度版)¹¹⁾において、二重標識水 (Doubly Labeled Water : DLW) 法により測定された1日の総エネルギー

消費量 (Total Energy Expenditure : TEE) に基づき算出された値を参考にしている。DLW法は、エネルギー消費量測定ゴールドスタンダード法とされており、実験室内外でも幅広く応用ができ、被験者の拘束が少ないため、競技者に適した手法であり、高精度に日常状態のエネルギー消費量が測定できる¹³⁾。しかしながら、測定に必要な安定同位体が非常に高価なため、比較的少人数にしかなることができず、分析には高度な専門技術を必要としていること、比較的新しい測定法であることから¹³⁾、DLW法を用いた日本人競技者のPALの報告は未だ少ない。特に、試合調整期を対象とした女性競技者のPALは報告されていない。

そこで、本研究では女性陸上短距離選手を対象に、試合調整期のTEEおよびPALを明らかにすることを目的とした。また、エネルギー不足の指標としてエネルギーバランス (Energy Balance : EB) を算出し、試合調整期のEBの現状およびエネルギー不足が大きい競技者のエネルギー消費・摂取量に関連する指標の特徴について検討を行った。

II. 方法

(1) 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属し、日常的にトレーニングを継続している健康な女性陸上短距離選手8名 (年齢 : 19.4 ± 0.8 歳、身長 : 162.8 ± 5.8 cm、体重 : 53.7 ± 6.2 kg、BMI : 20.2 ± 1.1 kg/m²) を対象とした。被験者特性および身体組成については表1に示した。被験者の競技歴は 7.1 ± 2.7 年であり、対象とした大学陸上競技部は、研究を実施した平成24年から平成25年度、関東学生選手権1部に所属していた。なお、あらかじめ被験者には本実験の目的と測定内容について十分に説明し、同意を得た上で実験を実施した。本研究は事前に日本体育大学倫理委員会で承認を得ている (承認番号 : 第012 - H17号)。

Table 1. Characteristic of subjects

Age (yr)	19.4 ± 0.8
Height (cm)	162.8 ± 5.8
Weight (kg)	53.7 ± 6.2
BMI (kg/m ²)	20.2 ± 1.1
%BF (%)	15.8 ± 2.5
FFM (kg)	44.8 ± 4.7

Average ± S.D., BMI : body mass index,

%BF : % body fat, FFM : fat free mass

(2) 実験概要

実験期間はトラックシーズンにおける試合調整期のうち8日間とした。本研究では、先行研究に基づいて¹⁴⁾、試合日を含む試合調整期間を試合調整期とした。実験期間中、被験者には、試合調整期としての普段通りのトレーニングと食事習慣を維持するよう指示し、試合日を除く5日間のトレーニングは試合に向けた調整とした。

(3) 身体組成の測定

身体組成の測定に先立って、身長は0.1 cm、体重は0.05 kg単位で測定した。また、体脂肪率 (% Body Fat : %BF)、除脂肪量 (Fat Free Mass : FFM) はDPX-L (Lunar社製) を用いて、二重エネルギー X線吸収 (Dual Energy X-ray Absorptiometry : DEXA) 法により測定を行った。なお、FFMは除脂肪除骨塩量に骨塩量を加えることで算出した。

(4) TEEの測定

1) DLWの投与

TEEは、DLW法を用いて測定を行った。まず、DLW投与日の早朝に、被験者を空腹状態で来室させ、ベースラインとなる尿サンプルを採取した。その後、対象者には総体水分量 (Total Body Water : TBW) を体重の60%と仮定し、DLWの投与は²H (99.8atm% : 大陽日酸) を0.05g/kg TBW、¹⁸O (10.0atm% : 大陽日酸) を0.25g/kg TBWの割合で経口摂取させた。また、被験者がDLWを摂取した後、飲み残しが生じないようにそれぞれの被験者が使用した容器を50mlの蒸留

水で洗浄し、その蒸留水を再び服用させた。

2) 試料の分析

採取された尿はすべてプラスチック製の容器に入れ、パラフィルムで密封した後、-80℃で凍結保存した。²Hの分析はHOKKOビーズ白金を触媒としてH₂ガス、¹⁸OはCO₂ガスにより、平衡法を用いて水試料前処理装置 (MultiFlow, Micromass UK Ltd. 社製) を用いて前処理を行った後、²H、¹⁸Oの安定同位体比を質量比分析計 (IsoPrime, Micromass UK Ltd. 社製) により分析した。なお、分析はすべて3回繰り返し行い、平均値を各被験者の測定値とした。

3) TEEの算出

DLW摂取の3時間後および4時間後に尿を採取し、その尿中の²Hの希釈容積の平均値からTBWを以下の式により算出した。

$$TBW (L) = ((dose \cdot 99.9/20) (18.01/Ne (APe - APb))) / 1.041 \dots \textcircled{1}$$

ここで、dose は被験者が服用した²H₂Oの重さ (g)、99.9は被験者が服用した²H₂O中の同位体存在率、20は1molあたりの²H₂Oの重さ (g)、18.01は1molあたりの水の重さ (g)、Neは重水素の自然界存在比、APeとAPbはそれぞれ平衡時およびベースライン尿の同位体存在率である。また、投与日の1日後および測定最終日である8日後の早朝尿を採取し、その尿中の²Hと¹⁸Oの同位体の減少率を求め、以下の式により二酸化炭素産生量 (rCO₂) を求めた¹⁵⁾。

$$rCO_2 (L/day) = 0.4556TBW (1.007ko - 1.041kh) \dots \textcircled{2}$$

ここで、koは¹⁸Oの1日当たりの排出率であり、khは²Hの1日当たりの排出率である。TEEの算出は、以下のWeirの間接熱量測定¹⁶⁾の式を用いてrCO₂から算出した。

$$TEE (kcal/day) = 3.941 (rCO_2 / FQ) + 1.106 (rCO_2) \dots \textcircled{3}$$

なお、食物商であるFQは一律に0.85としても誤差は僅かとされていることから¹⁷⁾、FQは0.85とした。また、PALについてはTEEを安静時エネルギー消費量 (Resting Energy Expenditure : REE) で除すことで、身体活動に伴うエネルギー消費量 (Physical Activity Energy Expenditure :

PAEE) は TEE から REE および 食事誘発性耐熱産生量 (Diet Induced Thermogenesis : DIT = 10% TEE) を減じることで算出した。

(5) REE の測定

被験者に早朝空腹状態で実験室に来室させ、 $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の快適な温度条件の室内で 30 分以上仰臥させ、心拍数により安静状態であることを確認し、仰臥位のまま 7 分間測定を実施した。測定は呼気ガス分析器 (METAMAX 3B, Cortrex 社製) を用いて酸素摂取量と二酸化炭素産生量を測定し、Weir の式¹⁶⁾により 1 日あたりの REE を算出した。

(6) EI の測定

EI、三大栄養素摂取量および EI に対するたんぱく質、脂質、炭水化物の構成比率である PFC 比の測定は、実験期間中のトレーニング日の 2 日間とオフトレーニング日の 1 日を含む連続した 3 日間とした。被験者には、期間中に摂取した全ての食品を秤量法と目量法の併用にて記録させた。また、食事記録だけでなく写真法を併用した方が食事調査の精度の向上に有効とされることから^{18, 19)}、記録と同時に携帯電話のカメラ機能を使用して摂取した食品の写真撮影を行わせた。なお、記録用紙回収後に推定食品重量の精度向上のために、面接を行うことで記入内容の確認を行った。これら全ての調査および分析は熟練した管理栄養士の協力を得て実施した。

1 日当たりの EI、三大栄養素摂取量および PFC 比は、5 訂増補日本食品標準成分表に準拠した栄養計算ソフト (エクセル栄養君 Ver5.0, (株) 建帛社, 東京) を用いて算出した。また、これらの値を用いて体重あたりのたんぱく質、脂質および炭水化物摂取量を算出し、エネルギー不足の指標である EB は、EI から TEE を減じることで算出した。

(7) 統計処理

各項目の測定結果は、すべて平均値 \pm 標準偏差で示し、各項目の相関係数の検定には Pearson の積率相関係数を用いた。また、被験者 8 名の中で、EB が平均値より高値を示した 4 名を良好群、平

均値より低値を示した 4 名を不良群とし、各測定項目について平均値 \pm 標準偏差で示した。各群の平均値の差の検定には、対応のない t 検定を用いた。なお、統計学的有意水準はいずれの場合も 5% とした。

III. 結果

表 2 には、TEE および REE、PAL、PAEE に加えて、FFM あたりの各指標の値を示した。TEE は $3252 \pm 1114 \text{kcal/day}$ 、PAL は 2.50 ± 0.81 を示し、日本人瞬発系競技者の食事摂取基準¹⁰⁾で示されている通常トレーニング期の PAL である 2.00 よりも高い値を示した。また、REE は $1313 \pm 198 \text{kcal/day}$ 、PAEE は $1614 \pm 986 \text{kcal/day}$ であった。

表 3 には、EI、EB、三大栄養素摂取量、PFC 比および体重あたりのたんぱく質、炭水化物摂取量を示した。EI は $2023 \pm 482 \text{kcal/day}$ 、EB は $-1230 \pm 1003 \text{kcal/day}$ であり、EB が大きく負の値を示し、エネルギーは不足状態であった。また、TEE と EI の平均値の差を検討したところ、EI は TEE よりも有意に低い値を示した ($p < 0.01$)。体重あたりのたんぱく質摂取量は $1.4 \pm 0.4 \text{g/kg}$ を示し、瞬発系競技者の摂取目標値¹⁰⁾である 2.0g/kg を大きく下回る値であった。また、体重あたりの炭水化物量摂取量についても、摂取目標値¹⁰⁾の 5.5g/kg を下回る $5.3 \pm 1.1 \text{g/kg}$ を示した。一方で、PFC 比については、炭水化物は $58.7 \pm 4.6\%$ と日本人競技者の摂取目安²⁰⁾である 55 - 60% の範囲内の値を示し、脂質のエネルギー比率についても $26.3 \pm 3.5\%$ と摂取目安²⁰⁾の 25 - 30% の範囲内であった。たんぱく質のエネルギー比率についても同様に、 $15.0 \pm 2.7\%$ と摂取目安²⁰⁾の 15 - 20% の範囲内の値であった。

また、EI と TEE の関係性を検討したところ有意な相関関係は認められなかったが、EI と三大栄養素の各摂取量については、有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。EB と PAEE、EB と PAL については、有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

次に、EB が平均値よりも高値を示した選手を良好群 ($n=4$) とし、平均値よりも低値を示した

選手を不良群 (n=4) に分けて、TEEおよびEIに関連する項目の比較を行った (表4)。EBは、良好群よりも不良群が有意に低値を示しており、TEE、PALおよびPAEEについては良好群よりも不良群が有意に高値を示した (TEE, PAEE : p<0.05, PAL : p<0.01)。一方で、REE、EIおよびPFC比については有意差が認められなかった。

Table 2. Summary of energy expenditure and related measures.

TEE	(kcal/day)	3252 ± 1114
REE	(kcal/day)	1313 ± 198
PAL		2.50 ± 0.81
PAEE	(kcal/day)	1614 ± 986
TEE/FFM	(kcal/kg/day)	71.9 ± 20.6
REE/FFM	(kcal/kg/day)	29.4 ± 3.9
PAEE/FFM	(kcal/kg/day)	35.3 ± 20.0

Average ± S.D., TEE : total energy expenditure, REE : resting energy expenditure, PAL : physical activity level, PAEE : physical active energy expenditure, FFM : fat free mass

Table 3. Summary of energy intake and related measures.

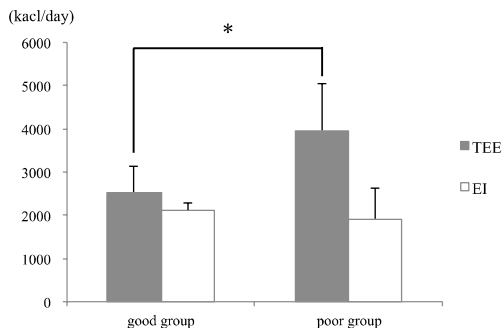
EI	(kcal/day)	2023 ± 482
EI/Weight	(g/kg)	37.6 ± 7.6
EB	(kcal/day)	-1230 ± 1003
P	(g)	75.4 ± 25.7
F	(g)	59.7 ± 16.7
C	(g)	290.9 ± 67.2
P	(%)	15.0 ± 2.7
F	(%)	26.3 ± 3.5
C	(%)	58.7 ± 4.6
P/Weight	(g/kg)	1.4 ± 0.4
C/Weight	(g/kg)	5.3 ± 1.1

Average ± S.D., EI : energy intake, EB : energy balance, P : protein intake, F : fat intake, C : carbohydrate intake

Table 4. A comparison of energy expenditure and energy intake related measures in good and poor energy balance groups.

	good group (n=4)	poor group (n=4)
EB	(kcal/day) -415 ± 502 **	-2044 ± 572
TEE	(kcal/day) 2537 ± 587 *	3968 ± 1088
REE	(kcal/day) 1367 ± 160	1259 ± 241
PAL	1.9 ± 0.5 **	3.1 ± 0.5
PAEE	(kcal/day) 916 ± 601 *	2313 ± 780
EI	(kcal/day) 2122 ± 172	1924 ± 698
P	(%) 14.6 ± 1.5	15.4 ± 3.7
F	(%) 25.4 ± 3.1	27.3 ± 4.1
C	(%) 60.1 ± 4.4	57.3 ± 5.1

Average ± S.D., EB : energy balance, TEE : total energy expenditure, REE : resting energy expenditure, PAL : physical activity level, PAEE : physical active energy expenditure, P : protein intake, F : fat intake, C : carbohydrate intake, * Significantly different (p<0.05) between high and low energy balance groups, ** Significantly different (p<0.01) between high and low energy balance groups.



* Significantly different (< p0.05) between good and poor groups.

Fig.1. A comparison of total energy expenditure and energy intake in good and poor energy balance groups.

IV. 考察

諸外国では、女性水泳選手3名を対象にした試合調整期のPALが報告されており、PALの平均値は1.71を示す¹⁴⁾。その一方で、対象者は異なるが、合宿期の女性水泳選手5名を対象とした報告では、PALの平均値は3.0と報告されている²¹⁾。もちろん、対象者の競技レベルや人種が異なるため、上記の2つの報告を単純には比較できないが、同じ水泳競技であっても、合宿期と試合調整期ではPALの値が1.0程度異なるため、トレーニング期分けによりPALが大きく変動する可能性が考えられる。また、日本人女性柔道選手1名を対象とした縦断研究では、減量期のPALは2.37、増量期のPALは2.00と報告されており²⁾、個人内においてもトレーニング期分けでトレーニング量・強度が変化するため、それに伴いPALも変化することが考えられる。このことから、試合調整期はテーパリングの実施するため、通常トレーニング期と比較した場合にトレーニング量や強度が異なると考えられるため、PALの基準値の検討が必要である。しかしながら、現在までに報告されている日本人女性競技者のPALは、シンクロナイズド・スイミング選手²²⁾、柔道選手²⁾、陸上短距離・中距離選手、新体操選手²³⁾、ラクロス選手²³⁻²⁴⁾、体操選手²⁴⁾を対象に、主に通常トレーニ

ング期が報告されており、試合調整期の研究はみられない。そこで、本研究では、女性陸上短距離選手8名を対象に、DLW法を用いて試合調整期のTEE、PALおよびEBを検討し、エネルギー不足が大きい競技者のエネルギー消費・摂取量に関連する指標の特徴を検討した。

まず、本研究で測定した試合調整期のPALは 2.50 ± 0.81 を示しており、瞬発系競技者ではトレーニング量が減少する期分けとされているにも関わらず、競技者の食事摂取基準値¹⁰⁾に示されている通常トレーニング期のPALである2.0よりも高値を示した。Yoshidaら²⁴⁾は、通常トレーニング期の女性競技者を対象に、PALとトレーニング量、強度の関係性を検討しており、トレーニング量よりも強度がPALに大きく影響することを報告している。試合調整期はトレーニング量が減少する一方で、トレーニング強度が高い時期であるため、本研究においてもYoshidaら²⁴⁾の報告同様に、トレーニング量よりも強度が大きく影響し、結果としてPALが高値を示したと考えられる。

また、日本人競技者のPALの基準値¹⁰⁾については、2003年以前の報告を元に作成されており、2003年以降に報告された日本人競技者のPALは2003年以前の報告よりも高値を示す報告が多くみられる。例えば、水泳選手が2.45、陸上短距離選手が2.30、ラクロス選手が2.44²³⁾、2.43²⁴⁾、新体操選手が2.65²³⁾、体操選手が2.59²⁴⁾と報告されており、競技者の食事摂取基準¹⁰⁾においては瞬発系、球技系、その他の種目で設定されている通常トレーニング期の基準値である2.0よりも高値を示している。このことから、本研究のPALは、現在提示されている競技者の基準値よりも高値を示したが、近年報告されている通常トレーニング期の日本人競技者のPALと比較すると、同程度の値であると考えられる。

EIについては、TEEよりも有意に低値を示しており、EBが大きく負の値を示したことから、本研究の被験者は、エネルギー消費量に見合ったエネルギーの摂取ができていない現状が明らかとなった。諸外国の持久系競技者9名を対象とした試合調整期のEBの報告²⁵⁾では、EBの平均値は

負の値を示しており、7名の選手で体重減少がみられ、うち2名は1週間あたり1kg以上の体重減少がみられた。このことから、試合調整期は大きなエネルギー不足が起りやすい期分けである可能性が考えられる。しかしながら、本研究では体重あたりのEIが 37.6 ± 7.6 kcal/kg/dayを示し、日本人大学女性競技者を対象に行った先行研究²⁶⁾の 27.3 ± 7.7 kcal/kg/day、 29.6 ± 7.8 kcal/kg/dayや、鉄栄養状態が十分な女性競技者を対象とした先行研究²⁷⁾の 31 ± 7 kcal/kg/dayよりも高値を示した。このことから、他の日本人女性競技者と比較した場合には、体重あたりのEIは高いと考えられる。しかしながら、TEEと比較した場合にはEIが不十分であるため、EIが比較的高い値を示す女性競技者においては、TEEやPALが高い影響によりエネルギー不足を引き起こすと考えられる。したがって、女性競技者はEIの評価だけでなく、TEEやPALを合わせた評価が必要であろう。また、PALおよびPAEEはEBと有意な負の相関関係が認められていることから、身体活動量が多くPALが高値を示す競技者はエネルギー不足に陥りやすい傾向がある。そのため、PALが高い選手や、本研究で対象とした試合調整期のようなPALが高いトレーニング期分けでは、エネルギー不足に陥らないための栄養管理がより重要である。

EIにおいて三大栄養素摂取量の割合を表すPFC比については、三大栄養素すべてにおいて摂取目安²⁰⁾の範囲内の値を示し、良好な値であった。しかしながら、体重あたりのたんぱく質および炭水化物の摂取量については、瞬発系競技者の摂取目標量¹⁰⁾を下回る値を示し、絶対的な摂取量としては低値であった。そのため、TEEに見合うエネルギーを摂取するためには、PFC比は変えずに、三大栄養素の絶対摂取量を増やすことが求められる。

また、EBが全体の平均値よりも高値を示した良好群(n=4)と低値を示した不良群(n=4)のTEEおよびEIの関連項目の比較では、良好群よりも不良群でEBが有意に低値を示しており、不良群は明らかにエネルギー不足の大きい集団であることが示された。両群の身体特性、身体組成お

よびREEについては有意差が認められなかったため、これらの項目はエネルギー不足の要因ではないと考えられる。2群間の異なる点としては、TEE、PALおよびPAEEが挙げられ、不良群が3つの指標で有意に高値を示した。したがって、エネルギー不足の大きい選手は、身体活動量が多いため、エネルギー消費の絶対量が高くなるが、身体組成についてはエネルギー不足が小さい選手と差がみられないため、結果としてPALが高値を示したと考えられる。また、良好群のPALの平均値は1.9を示し、瞬発系競技者を対象とした通常トレーニング期のPALの基準値¹⁰⁾と同程度の値であったが、不良群の平均値は3.1を示し、日本人競技者を対象とした先行研究^{22,24)}の中でも非常に高い値を示した。Westerterpら²⁸⁾は、PALが2.5を超える場合にはエネルギーバランスを保つことが難しいと報告していることから、本研究の不良群においてはPALが高いために、エネルギーバランスが非常に崩れやすい状況であったと考えられる。

また、良好群と不良群のEIおよびPFC比は有意差が認められなかったことから、エネルギー不足が大きい選手の特徴としては、PALが高値を示すにも関わらず、PALが低値を示す選手と同程度のエネルギー量しか摂取できていないことが挙げられる。本来、PALの変動に合わせてEIを変動させる必要があるが、本研究の不良群はPALが非常に高いため、EIの調整が困難であり、十分なエネルギーの摂取が出来ていない状況であった。先行研究²⁹⁾では、縦断的に試合2ヶ月前と試合期のEIを調査したところ、トレーニング期分けによりTEEが変化する可能性があるにも関わらず、EIは変化しておらず、別の研究²⁶⁾においても試合期と移行期のEIでは差が認められないことが報告されている。このことから、女性競技者はTEEやPALが変動に合わせたEIの調整ができていないために、エネルギー不足を引き起こすと考えられる。エネルギー不足を防ぐためにも、PALやTEEを把握し、その変動に合わせた栄養管理を行うことが求められる。

V. 今後の課題

本研究では、試合調整期における女性競技者のPALの実測値やエネルギー不足の現状を明らかにすることができたが、同被験者の通常トレーニング期のPALについては把握することができなかったため、今後は先行研究との比較だけでなく、PALを縦断的に検討することで、PALの位置づけをより詳細に検討することが求められる。また、現在の基準値は、近年報告されている日本人競技者のPALよりも低値を示しており、日本人競技者のPALを過小評価している可能性が考えられた。本研究のPALは基準値よりも0.5程度高い値を示しており、日本人競技者を対象に球技系およびその他の種目のPALを検討した報告においても、基準値よりも0.4から0.6程度高い値を示した²⁴⁾。このことから、瞬発系だけでなく、球技系、その他の種目も同様に、基準値の見直しが必要な可能性が考えられた。DLW法を用いたPALの報告は、未だ報告数も少ないため、基準値の見直しやより詳細な期分けに対応した基準値の設定のためにも、今後はより多くの選手を対象とした検討が必要であろう。

VII. 参考文献

- 1) 今村裕行, 吉村良孝, 田中あゆみ, ほか: 大学空手道選手の栄養素等摂取状況と血清酵素活性について. 日本運動生理学雑誌4 (1): 1-8, 1997
- 2) 川口昌代, 引原有輝, 神崎恒二, ほか: 柔道選手の総エネルギー消費量とエネルギーバランス: 事例研究. 武道学研究37 (2): 15-22, 2004
- 3) 安達隆博, 山本真貴, 齊藤篤司, ほか: 大学ハンドボール競技者の食事摂取状況. 健康科学26: 49-53, 2004
- 4) 加藤恵子, 小田良子, 坂井絵美: 高校女子駅伝選手の栄養摂取の現状について. 名古屋文理大学紀要11, 11-17, 2011
- 5) Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al: American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad.

- Med Sci Sports Exerc 39 (10) : 1867-1882, 2007
- 6) 難波聡 : 女性アスリート3主徴—無月経. 産科と婦人科82 (3) : 255-259, 2015
- 7) Loucks AB, Thuma JR : Luteinizing Hormone Pulsatility Is Disrupted at a Threshold of Energy Availability in Regularly Menstruating Women. J Clin Endocrinol Metab 88 (1) : 297-311, 2003
- 8) 能瀬さやか, 土肥美智子, 難波聡, ほか : 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22 (1) : 67-74, 2014
- 9) 小清水孝子 : 女性アスリート3主徴—Low energy availability. 産科と婦人科82 (3) : 260-264, 2015
- 10) 小清水孝子, 柳沢香絵, 横田由香里 : 「スポーツ選手の栄養調査・サポート基準値策定及び評価に関するプロジェクト」報告. 栄養学雑誌64 (3) : 205-208, 2006
- 11) 厚生労働省 : 日本人の食事摂取基準 (2010年度版), 43-61, 第一出版, 2009
- 12) テューダー・ボンパ : 競技力向上のトレーニング戦略—ピリオダイゼーションの理論と実際一. (尾縣貢, 青山清英訳), 118-126, 142-152, 大修館書店, 2006
- 13) 齋藤慎一, 海老根直之, 島田美恵子, ほか : 二重標識水法によるエネルギー消費量の測定の原理とその応用 : 生活習慣病対策からトップスポーツ選手の栄養処方まで. 栄養学雑誌57(6) : 317-332, 1999
- 14) Jones PJ, Leitch CA : Validation of doubly labeled water for measurement of caloric expenditure in collegiate swimmers. J Appl Physiol 74 : 2909-2914, 1993
- 15) 齋藤慎一, ラファマンタナンツォー・ウビ・ハシナ, 海老根直之 : 二重標識水法による総エネルギー消費量測定とその応用. 食品・食品添加物研究誌208 (7) : 521-531, 2003
- 16) Weir JB : New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J physiol 109 : 1-9, 1949
- 17) Black AE, Prentice AM, Coward WA : Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly-labelled water method of measuring energy expenditure. Hum Nutr Clin Nutr 40 : 381-391.1986
- 18) 竹下生子, 重松隆, 角野牧子, ほか : 写真撮影を用いた食事調査の有用性. 臨床栄養97 (6) : 729-733, 2000
- 19) 今井具子, 大塚礼, 加藤友紀, ほか : 3日間食事記録調査における写真撮影の有効性. 日本食生活学会誌20 (3) : 203-210, 2009
- 20) 小林修平, 樋口満 : 日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会, アスリートのための栄養・食事ガイド (第三版), 19-20, 第一出版, 2014
- 21) Trappe TA, Gastaldelli A, Jozsi AC, et al. : Energy expenditure of swimmers during high volume training. Med Sci Sports Exerc 29 (7) : 950-954, 1997
- 22) Ebine N, Feng JY, Homma M, et al. : Total energy expenditure of elite synchronized swimmers measured by the doubly labeled water method. Eur J Appl Physiol 83 (1) : 1-6, 2000
- 23) 吉田明日美, 高田和子, 別所京子, ほか : 女性スポーツ選手における食事記録法によるエネルギー摂取量の評価誤差に関連する要因. 栄養学雑誌70 (5) : 305-315, 2012
- 24) Yoshida A, Ishikawa-Takata K, Taguchi M, et al. : Contributions of training and non-training physical activity to physical activity level in female athletes. J Phys Fitness Sports Med 3 (2) : 261-268, 2014
- 25) Fudge BW, Westerterp KR, Kiplamai FK, et al. : Evidence of negative energy balance using doubly labelled water in elite Kenyan endurance runners prior to competition. Br J Nutr 95 (1) : 59-66, 2006
- 26) 長澤伸江, 岩田香, 柘植 光代, ほか : 大学女性スポーツ選手の食生活実態とその問題点. 栄養学雑誌62 (6) : 361-368, 2004
- 27) 益田玲香, 今村裕行, 山下あす香, ほか : 大学女子ラクロス選手の鉄欠乏状態と栄養素等摂

- 取状況. 栄養学雑誌66 (6) : 305-310, 2008
- 28) Westerterp KR : Body composition, water turnover and energy turnover assessment with labelled water. Proc Nutr Soc 58 (4) : 945-51, 1999
- 29) 小久保友貴, 川野因, 森佳子, ほか : 大学女子新体操選手の体内鉄栄養状態とたんぱく質摂取状況. 体力科学59 : 475-484, 2010