

原著論文

栄養介入がバドミントン日本代表選手のコンディションに及ぼす影響
- 鉄栄養状態および身体組成に着目して -

Effect of a nutritional intervention on iron status and body composition in elite Japanese
badminton players

松本なぎさ¹⁾、飯塚太郎²⁾、千野謙太郎¹⁾、朴柱奉³⁾、土肥美智子¹⁾、亀井明子¹⁾
Nagisa Matsumoto¹⁾, Taro Iizuka²⁾, Kentaro Chino¹⁾, Park Joo Bong³⁾, Michiko Dohi¹⁾, and
Akiko Kamei¹⁾

Abstract : Elite Japanese badminton players who compete at the international level are continuously traveling worldwide to participate in tournaments. It is important that they have knowledge of nutrition so they can obtain adequate nourishment to maintain their physical condition regardless of their location. However, because of nutritional and dietary problems, many players have difficulty maintaining the iron status and body composition necessary to compete in high-level tournaments. We undertook a 6-month nutritional intervention in 11 elite female Japanese badminton players who compete at the international level to examine whether improvement in their knowledge of nutrition would affect their iron status and body composition. Serum ferritin concentration tended to increase after the intervention. Further, there was a significant decrease in body fat percentage and a significant increase in lean body mass. These findings demonstrate that a 6-month nutritional intervention to improve badminton players' knowledge of nutrition is effective for maintaining and improving their physical condition.

Key words : elite Japanese badminton players, nutritional intervention, iron status, body composition
キーワード : バドミントン日本代表選手、栄養介入、鉄栄養状態、身体組成

¹⁾ 国立スポーツ科学センター、²⁾ 日本スポーツ振興センター、³⁾ 日本バドミントン協会

¹⁾ Japan Institute of Sports Sciences, ²⁾ Japan Sport Council, ³⁾ Nippon Badminton Association

〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1

E-mail: nagisa.matsumoto@jpnsport.go.jp

受付日 : 2016 年 8 月 31 日

受理日 : 2017 年 2 月 2 日

I. 緒言

バドミントン競技の国際大会は一年を通じて世界各地で行われ、世界ランキングは直近一年以内に出場した大会のうち、獲得できたランキングポイント順に上位 10 大会の総合ポイントで決まる¹⁾。オリンピック競技大会や世界選手権を含めた上位大会への出場権は、世界ランキングに基づいて決まることから、選手らは、より大きなランキングポイントの獲得を目指して積極的に国際大会に出場し、なかには年間 20 大会以上に出場する選手もいる。日本代表選手においても、通年で国際大会への遠征が計画され¹⁷⁾、さらに所属先の実業団、大学、高校から国内の大会に参加することから、試合で良いパフォーマンスを発揮し、より大きなランキングポイントを獲得していくうえでは、こうした厳しいスケジュールの中でもコンディションを良好に維持することが不可欠である。

選手の競技パフォーマンスを支えるコンディショニングに関しては、国際オリンピック委員会 (International Olympic Committee: IOC) が「正しい食事を実践することは、競技に適した体格・身体組成の取得や体調管理に役立ち、勝利へ貢献する」としている¹¹⁾ように、日々の食事から適切なエネルギーや栄養素をとることが重要である。しかし、バドミントン日本代表選手の食環境は、通年で国内外の移動や試合遠征が続く中で、所属先での練習期間における食事、日本代表強化合宿での練習期間における食事、さらには海外遠征期間における食事といったように一定ではなく、管理栄養士が常に帯同するわけでもないことから、日々の状況に合わせてエネルギーや栄養素を適切にとり続けることは容易ではない。そのため、選手には、自らにとって適切な食事摂取量を食環境に合わせて調整することが求められるが、その基盤となる実践的な栄養教育はこれまで行われてきておらず、

体重・体脂肪率のコントロールから課題を抱える選手が多いのが現状となっている。

そうした中で、コンディショニングにおける重要な課題の一つとなっているのが、選手の鉄栄養状態である。バドミントン国際大会における試合は、21 点 3 ゲーム制 (2 ゲーム先取) のラリーポイント方式で実施され、試合中の平均心拍数が最大心拍数の 89% と高い運動強度を間欠的に持続しながら⁵⁾、試合時間は 1 ゲームあたり 20-30 分程度、3 ゲームの長い試合では 90 分を超える場合もある。このように高い持久力が求められる競技のパフォーマンスは、酸素と結合し全身へ酸素を運ぶ役割を担う血液中のヘモグロビン濃度と関連が高いことが示されているが^{19),22)}、ヘモグロビンの合成には、それらの材料となる鉄やたんぱく質が不可欠なことから、体内の鉄栄養状態は重要となる。ところが、国立スポーツ科学センター (Japan Institute of Sports Sciences: JISS) で実施しているメディカルチェックを通じて、バドミントン日本代表選手に関して、血中ヘモグロビン濃度は正常範囲内にあるものの、血清フェリチン濃度が低い選手がいることが明らかとなってきた。血液中のヘモグロビン濃度が基準値以下に減少することで持久力の低下をもたらす「鉄欠乏性貧血」は、正常な鉄栄養状態からまず貯蔵鉄である血清フェリチン濃度が減少した「鉄減少」、さらに進行した「鉄不足」の状態を経て発症に至る²¹⁾。すなわち、「鉄欠乏性貧血」はもちろん、血中ヘモグロビン濃度が正常であっても血清フェリチン濃度の低下が確認された段階で、早期に鉄栄養状態の改善を検討していくことが望ましい。石田らは、こうした状態の改善に向けて、食事指導による介入を行うことの有効性を示唆しており¹³⁾、バドミントン日本代表選手においても、海外遠征が多く食環境が一定ではない中で、習慣的な食事摂取量を見直すなど、栄養介入を行うことで鉄栄養状態を改善できる可能性

がある。

こうした背景から、本研究では、バドミントン日本代表選手を対象として、選手自らが様々な食環境に応じて適切に食事摂取量を調整できるようになることを目標に、6か月間の栄養介入を行った。本介入を通じて、鉄栄養状態を中心に、身体組成を含めた選手のコンディションを向上させることができるか実践的な検証を行った。

II. 方法

1. 対象選手と期間

本研究は、2015年バドミントン日本代表に選出された男女48名のうち、女子選手11名(22.0±4.7歳)を対象に行った。IOCは、血中ヘモグロビン濃度(Hb)、トランスフェリン飽和度(TSAT)、血清フェリチン濃度(Fer)を鉄栄養状態の指標として用い、体内の鉄欠乏を軽度な状態から「鉄減少」、「鉄不足」、「鉄欠乏性貧血」と段階的に分類し、評価基準をそれぞれ設定している²¹⁾。本研究では、この基準にならない、2014年2月および2015年2月に実施された直近2年間のJISSメディカルチェックの血液検査データで「鉄減少」もしくは「鉄不足」に該当し、日常の栄養・食事管理を通じて鉄栄養状態の維持・改善に取り組むことが望ましいと医師から判断された選手を対象とすることとした(表1)。

本研究期間は、2015年2月から7月の約6か月間とした。対象選手の栄養・食事に関する現状把

握や課題抽出のために、2015年2月にアセスメントとして「血液検査」、「身体組成計測」、「食事調査」、「選手へのヒアリング」を行い、栄養介入の成果確認のためのモニタリングとして2015年7月に同じ項目を再度実施した(図1)。アセスメントとモニタリングは、味の素ナショナルトレーニングセンター(National Training Center: NTC)で行われる日本代表強化合宿の際に実施した。本研究は、JISSの倫理審査委員会の承認を受け、対象選手には研究内容について十分に説明を行い、書面による研究参加への同意を得て実施した。

2. 調査項目

1) 血液検査

栄養介入による血中の鉄関連指標の変化について評価する目的で、JISSメディカルチェックと同条件で血液検査を行った。腕部静脈からの採血は、アセスメントとモニタリングともに午前練習を行う前の8:30-9:30の間に実施した。鉄栄養状態の指標は、Hb、TSAT、Ferを用い、TSAT(%)は、「血清鉄(μg/dl)/総鉄結合能(μg/dl)×100」により算出した。

2) 身体組成計測

体重と身体組成は、アセスメントとモニタリングを通じて、午前練習を行う前に同条件で測定を行った。選手ごとの栄養素等摂取量の目標設定に加え、栄養介入による身体組成の変化を評価する目的で、空気置換法による体脂肪測定装置(BOD POD: COSMED SRL社)を用いて体脂肪率および

表1. 鉄栄養状態におけるIOC評価基準と該当選手数

		鉄減少	鉄不足	鉄欠乏性貧血
Hb	(g/dl)	> 11.5	> 11.5	< 11.5
TSAT	(%)	> 16	< 16	< 16
Fer	(ng/ml)	< 35	< 20	< 12
該当選手数	(名)	6	5	0

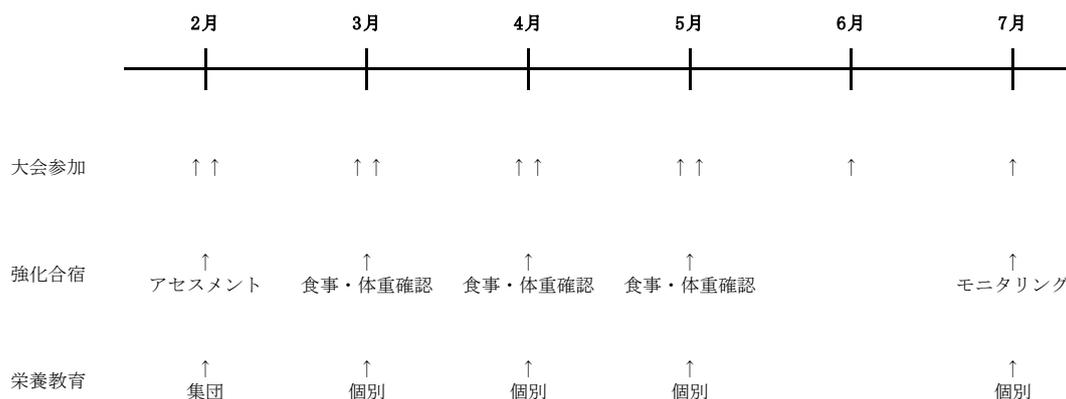


図 1. 対象選手の大会参加および栄養介入のスケジュール

除脂肪量を測定した。体脂肪率の換算式として、18 歳以上の選手には Brožek et al. の式³⁾、18 歳未満の選手には Lohman の式¹⁸⁾を用いた。

3) 食事調査

アセスメントにおいて対象選手ごとの栄養・食事に関する問題点や課題の抽出、モニタリングにおいて栄養介入の効果を評価する目的で、強化合宿期間中、典型的な練習メニューが組まれた一日あたりの食事摂取量の調査を行った。評価項目は、栄養素等摂取量（エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、鉄、ビタミン C）、エネルギー産生栄養素バランス（エネルギー源となるたんぱく質、脂質、炭水化物がそれぞれ総エネルギーに占める割合）、および食品群別摂取量（穀類、肉類、魚介類、乳類、緑黄色野菜、淡色野菜、果実類）とした。調査方法は、選手が宿泊するアスリートヴィレッジ内レストラン（以下、サクラダイニング）に設置されている栄養評価システム¹⁴⁾に選手自身で食事記録を登録し、日本食品成分表 2010 を搭載した栄養評価システム（新競技者栄養評価システム）を用いて管理栄養士が算出した。なお、補食や間食は調査者が選手への聞き取りにより把握し、栄養計算に加えた。

4) 選手へのヒアリング

対象選手それぞれに対して、「所属先での住環境」、「鉄サプリメントや鉄剤の使用有無」、「食知

識」、「身体づくりの目標」の 4 項目についてヒアリングを行った。「所属先での住環境」は、実家、寮、一人暮らし、の 3 択から回答を得、併せて調理実施者も確認した。「鉄サプリメントや鉄剤の使用有無」は、現在の使用状況と過去の使用歴を確認した。「食知識」は「自分自身にとって適切な食事摂取量を知っているか」という質問に対し、「知っている」または「知らない」の 2 択から回答を得た。また、「身体づくりの目標」について、目標とする体重・体脂肪率を口頭で確認した。

モニタリングでは、栄養介入を行う中で、選手らの食行動に改善があるか確認する目的で、ヒアリング項目を追加した。食行動は、「自分自身にとって適切な食事摂取量の調整について日常的に実践できているか」という質問に対し、「実践できている」もしくは「実践できていない」の 2 択から回答することとし、「実施できていない」場合にはその理由を確認した。

3. 栄養介入の内容

1) 栄養素等摂取量の目標設定

エネルギーの目標量 (kcal) は、基礎代謝量 (basal metabolic rate: BMR) に身体活動レベル (Physical Activity Level: PAL) を乗じてエネルギー消費量を推定⁶⁾し設定した。BMR の算出には、女性スポーツ選手を対象とした BMR の実測データから得られた推定式である「27.5 (kcal) × 除脂肪量 (kg)

+5」を用いた²⁴⁾。日本人の食事摂取基準 2015⁷⁾で示されている PAL は、低い (1.50)、ふつう (1.75)、高い (2.00) の 3 段階に分類されている。本研究での PAL は、選手の「身体づくりの目標」と定期的な身体計測の結果をもとに、練習・試合遠征・オフ日を含めた年間の平均的な身体活動時間と強度を踏まえながら 1.75 から 2.00 の範囲内で筆者が選手ごとに設定した。たんぱく質、脂質、炭水化物のエネルギー産生栄養素バランスは、摂取することが望ましいエネルギーおよび栄養素の量である日本人の食事摂取基準 2015⁸⁾に示された目標量の範囲内になるよう、各選手それぞれに設定した。たんぱく質²³⁾と炭水化物⁴⁾の目標量は、アメリカスポーツ医学会のガイドラインを参考に設定した。鉄¹⁰⁾とビタミン C⁹⁾の目標量は、日本人の食事摂取基準 2015 の推奨量⁸⁾とした。

2) 栄養教育

栄養教育は、トップスポーツ選手の栄養サポートを専門としている管理栄養士が行った。まず、集団への栄養教育として、日本代表選手全員に対し、「鉄欠乏性貧血の予防」をテーマに、その発生病序、原因、食事で気を付けることに関する栄養セミナーを行った。そのうえで、対象選手に対しては、強化合宿期間中、栄養評価システム¹⁴⁾に登録された食事選択情報や補食の種類・量をもとに、選手ごとに設定した目標量に対する栄養素等摂取量の過不足を評価し、食品の種類や調理法、料理の組み合わせ方に関する栄養教育を個別に繰り返した。栄養教育の媒体として、主食、主菜、副菜、果物 (100%果汁飲料含む)、乳製品、常備菜の種類が豊富に提供されているサクラダイニングでの料理や、各料理のエネルギーや栄養素の特徴が示されている栄養表示カードを活用した。さらに、海外遠征および所属先での食事についても、現状把握と課題の抽出を目的に、選手の希望に応じて食事調査を実施した。食事調査は、スマートフォ

ンを利用した写真記録法を用い、食事前後に食事写真を撮影するよう依頼し、可能な限り正確な情報が得られるよう、食品名と重量の目安について管理栄養士から選手に聞き取りを行った。海外遠征における食事調査は、大会初日までの練習日に実施し、所属先での食事調査は、練習のある典型的な一日に実施することとした。所属先の食環境における改善について、選手の家族の協力が必要な場合には、選手・監督・コーチと相談のうえ、手紙やメールを通じて食事摂取量の調整に関する協力依頼を行った。

4. 統計処理

介入前後における各項目の平均値の差の検定には対応のある t 検定を用いた。なお、統計的有意水準は 5%とし (両側検定)、統計解析には IBM SPSS Statistics (ver. 19.0 IBM SPSS Japan) を用いた。

III. 結果

1. 栄養介入前後の比較

研究期間中、選手ごとに行った栄養介入の回数は、一人あたり 4 回から 11 回であった。各調査項目について、アセスメントとモニタリングにおける比較を表 2 に示した。まず、鉄栄養状態に関しては、Hb と TSAT には変化はみられなかったものの、Fer に 24.7ng/ml から 36.4ng/ml へと改善傾向が認められた ($p=0.07$)。身体計測では、体脂肪率は 15.2%から 14.2%へと有意に減少した ($p<0.05$)。一方で、除脂肪量は 49.1kg から 50.2kg へと有意に増加し ($p<0.01$)、体重は 57.7kg から 58.3kg へと増加傾向を示した ($p=0.06$)。栄養素等摂取量に関して、食事調査を行った一日のエネルギー摂取量は 2,753kcal から 2,438kcal へと低下し、目標量に近づいたが、栄養介入前後で有意差は認められなかった ($p=0.15$)。一方で、エネルギー産生栄養素の一つである脂質の摂取量について、80.5g から 59.0g へと有意な低下が認められた ($p<0.05$)。食品群別

表 2. 各調査項目における栄養介入前後の比較

項目		アセスメント (2月)	モニタリング (7月)	p 値 [†]	目標量・値
鉄栄養状態					
Hb	(g/dl)	12.7 (0.7)	12.7 (0.4)	0.775	>11.5
TSAT	(%)	29.3 (10.5)	30.6 (14.5)	0.776	>16
Fer	(ng/ml)	24.7 (12.7)	36.4 (24.8)	0.070	≥35
身体組成計測					
体重	(kg)	57.7 (5.3)	58.3 (5.0)	0.058	58.0 (4.8)
除脂肪量	(kg)	49.1 (3.7)	50.2 (3.4)	0.002	49.6 (4.0)
体脂肪率	(%)	15.2 (4.6)	14.2 (4.4)	0.040	14.4 (2.5)
食事調査					
栄養素等摂取量					
エネルギー	(kcal)	2,753 (738)	2,438 (420)	0.151	2,437 (165)
たんぱく質	(g)	114.7 (29.6)	104.6 (17.2)	0.301	97.6 (8.6)
	(g/kg体重)	2.0 (0.6)	1.8 (0.3)	0.167	1.7 (0.0)
脂質	(g)	80.5 (32.7)	59.0 (22.5)	0.010	64.7 (6.8)
炭水化物	(g)	392.1 (96.2)	369.8 (48.9)	0.502	366.1 (24.8)
	(g/kg体重)	6.9 (1.9)	6.4 (0.9)	0.360	6.4 (0.5)
鉄	(mg)	14.1 (6.9)	17.3 (4.8)	0.281	10.5 (0.0)
ビタミンC	(mg)	383 (169)	343 (156)	0.432	100 (0)
エネルギー産生栄養素バランス					
たんぱく質	(%エネルギー)	17 (2)	17 (1)	0.413	16 (1)
脂質	(%エネルギー)	24 (7)	20 (6)	0.071	24 (2)
炭水化物	(%エネルギー)	58 (7)	61 (5)	0.105	60 (1)
食品群別摂取量					
穀類	(g)	421 (125)	527 (99)	0.040	—
肉類	(g)	258 (104)	171 (55)	0.024	—
魚介類	(g)	19 (25)	66 (64)	0.032	—
乳類	(g)	481 (230)	455 (183)	0.774	—
緑黄色野菜	(g)	222 (99)	251 (95)	0.487	—
淡色野菜	(g)	172 (105)	138 (89)	0.418	—
果実類	(g)	892 (465)	620 (341)	0.133	—

値は平均(標準偏差)で示した。

[†] t検定(対応あり)

摂取量では、穀類は 421g から 527g へと有意に増加した ($p<0.05$)。たんぱく質源である主菜の種類では、肉類が 258g から 171g へと有意に減少した一方で ($p<0.05$)、魚介類は 19g から 66g へと有意

に増加した ($p<0.05$)。

選手へのヒアリング結果に関しては、「鉄サプリメントや鉄剤」を使用している選手はいなかった。「自分自身にとって適切な食事摂取量を知ってい

るか」という食知識に関する質問に対しては、アセスメントでは「知っている」と回答した選手が11名中3名(27.3%)であった一方で、モニタリングではヒアリングができなかった1名を除く10名全員(100%)が「知っている」と回答した。また、「適切な食事摂取量の調整について日常的に実践できているか」という食行動に対する質問では、「実践できている」と答えたのは10名中6名(60%)であった。「実践できていない」と回答した4名(40%)については、「海外遠征中や所属先での食事調整が難しい」ことが理由として挙げられた。

2. 栄養介入の事例

1) 鉄栄養状態が改善したA選手

A選手に対する栄養素等摂取量の目標量は、エネルギー 2,266kcal、たんぱく質 101.0g (1.6g/kg 体重)、脂質 58.3g、炭水化物 334.4g (5.3g/kg 体重)、鉄 10.5mg、ビタミンC 100mg に設定した。

栄養介入期間中に実施した食事調査およびそれに基づいた栄養教育(全11回)の過程の一部を表3に示した。

a) 強化合宿/アセスメント(2月)

食事調査結果から、一日のエネルギー摂取量は2,326kcalであり、目標量に対する割合は102.7%と目標量に達していたが、脂質に関しては目標量の74.2%であった。一方で、鉄の摂取量が9.0mgであり、目標量の85.7%と十分ではなかったことに対して、強化合宿期間中、食環境が整ったサクラダイニングにおいて、一日の鉄摂取量が目標量に達するよう、食事からの鉄摂取量を増やすことを主体とした栄養教育を行うこととした。

b) 海外遠征/シンガポール(4月)

食事調査結果から、エネルギー摂取量は2,399kcalと目標量に達していたが、たんぱく質と炭水化物の摂取量はそれぞれ65.0g(1.0g/kg 体重)、284.7g(4.5g/kg 体重)と目標量に達しておらず、一方で脂質は105.5gと目標量を大きく上回ってい

た。そのため、脂質の摂取量を下げ、たんぱく質と炭水化物の摂取量を増やすことを目的とした栄養教育を実施した。

c) 海外遠征/インドネシア(6月)

食事調査結果から、鉄摂取量は10.7mgと目標量を達成していた。エネルギー摂取量に関しても、2,251kcalと目標量にほぼ達しており、たんぱく質と炭水化物の摂取量はそれぞれ93.4g(1.5g/kg 体重)、338.3g(5.4g/kg 体重)と増え、脂質の摂取量は58.1gと減少していたことから、4月のシンガポール遠征時と比べ改善が認められた。そこで、食環境がそれぞれ異なる海外遠征先で食事摂取量を適切に調整するための応用的な栄養教育を行った。

d) 強化合宿/モニタリング(7月)

食事調査結果から、鉄摂取量は目標量10.5mgに対して、アセスメント時の9.0mgから15.3mgへと改善した。また、一日のエネルギー摂取量はアセスメント結果とほぼ同じであり、栄養素等摂取量やエネルギー産生栄養素バランスに変化は見られなかった。一方で、食品群別摂取量に注目すると、肉類が220gから176gに減少し、魚介類が0gから75gに増え、たんぱく質供給源の食品選択に改善がみられた。副菜の選択では、淡色野菜が150gから75gに減り、鉄の供給源となる小松菜、ほうれん草、モロヘイヤなど緑黄色野菜の摂取量が260gから316gに増加した。

e) 栄養介入前後における各項目の変化

鉄栄養状態に関して、Hbが12.3g/dlから13.3g/dl、TSATが35%から43%、Ferが38.2ng/mlから96.3ng/mlと、いずれの指標もアセスメント結果と比べて改善された。また、A選手の身体組成の目標は「減量(目標値:体重60.0kg、体脂肪率19.0%、除脂肪量48.6kg)」であり、栄養介入前後で比較すると、体重は63.1kgから62.5kg、体脂肪率は25.6%から23.5%へとそれぞれ減少し、除脂肪量は46.9kgから47.8kgへと増加した。

表 3. A 選手に対する栄養介入の事例

		強化合宿/アセスメント (2月)	海外遠征/シンガポール (4月)	海外遠征/インドネシア (6月)	強化合宿/モニタリング (7月)
食事調査					
栄養素等摂取量					
エネルギー	(kcal)	2,326 (102.7)	2,399 (105.9)	2,251 (99.3)	2,211 (97.6)
たんぱく質	(g)	101.7 (100.7)	65.0 (64.4)	93.4 (92.5)	98.8 (97.9)
	(g/kg体重)	1.6 (100.7)	1.0 (64.4)	1.5 (92.5)	1.6 (97.9)
脂質	(g)	43.2 (74.2)	105.5 (181.1)	58.1 (99.7)	39.2 (67.3)
炭水化物	(g)	379.3 (113.4)	284.7 (85.1)	338.3 (101.2)	357.7 (107.0)
	(g/kg体重)	6.0 (113.4)	4.5 (85.1)	5.4 (101.2)	5.7 (107.0)
鉄	(mg)	9.0 (85.7)	5.1 (48.6)	10.7 (101.9)	15.3 (145.7)
ビタミンC	(mg)	287 (287.0)	123 (123.0)	399 (399.0)	395 (395.0)
エネルギー産生栄養素バランス					
たんぱく質	(%エネルギー)	17 (98)	11 (61)	17 (93)	18 (100)
脂質	(%エネルギー)	17 (72)	40 (171)	23 (100)	16 (69)
炭水化物	(%エネルギー)	65 (110)	47 (80)	60 (102)	65 (110)
食品群別摂取量					
穀類	(g)	600 (—)	530 (—)	410 (—)	582 (—)
肉類	(g)	220 (—)	110 (—)	129 (—)	176 (—)
魚介類	(g)	0 (—)	0 (—)	130 (—)	75 (—)
卵類	(g)	65 (—)	50 (—)	45 (—)	53 (—)
緑黄色野菜	(g)	260 (—)	30 (—)	190 (—)	316 (—)
淡色野菜	(g)	150 (—)	68 (—)	187 (—)	75 (—)
果実類	(g)	601 (—)	180 (—)	700 (—)	200 (—)
食事内容					
朝食		No image <ul style="list-style-type: none"> 米飯 生卵 マスタートポテト 味噌汁 ヨーグルト (はちみつ) 	 2015.04.07朝 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 茹でじゃがいも ベーコン ウインナー スクランブルエッグ オレンジジュース 	 2015.06.02朝 <ul style="list-style-type: none"> 食パン コーンフレーク オムレツ サラミ オレンジジュース 牛乳 	 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 温泉卵 あさりの佃煮 小松菜の和え物 味噌汁 牛乳
昼食		 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 鶏と青梗菜の炒め 小松菜の和え物 サラダ 味噌汁 ひじきの煮物 オレンジジュース 牛乳 	 2015.04.07昼 <ul style="list-style-type: none"> カツカレー 	 2015.06.02昼 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 焼き魚 小松菜のお浸し ごぼうのごま和え 味噌汁 	 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 八宝菜 ピザの包み揚げ ほうれん草のナムル トマト 味噌汁 オレンジジュース 牛乳
夕食		 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 チキンのポテト焼き ほうれん草の和え物 サラダ オレンジジュース 牛乳 ココアプリン 	 2015.04.07夜 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 豚肉と野菜の炒め物 冷奴 サラダ 味噌汁 	 2015.06.02夜 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 寄せ鍋 野菜のお浸し 味噌汁 漬物 	 <ul style="list-style-type: none"> 米飯 鶏の煮こごり モロヘイヤの和え物 チヂミ トマト&かぼちゃ すまし汁 (豆腐) 野菜と果物ジュース
その他		・スポーツドリンク	・スポーツドリンク	・スポーツドリンク ・焼きせんべい ・オレンジジュース	・スポーツドリンク
栄養教育					
主なテーマ		食事からの鉄摂取量を増やす	エネルギー産生栄養素バランスの調整	レストランやスーパーがホテル近郊にない海外遠征での食環境対策	
内容		<ul style="list-style-type: none"> 栄養表示カードの見方と活用方法 主菜の種類と食品選択 副菜の種類と食品選択 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー産生栄養素バランスとは ホテルの朝食ビュッフェでの食品選択や料理の組み合わせ方 レストランやファストフード店でのメニュー選択のポイント 調理法による脂質量の違い 補食の役割と種類 	<ul style="list-style-type: none"> ホテルでの炊飯の方法 アルファ化米の利用の仕方 缶詰の種類と選択ポイント 	

() 目標量に対する割合で示した。

日本食品成分表2010を用いて算出した食事調査の結果から、課題があった項目を赤字で示し、改善された項目を青字で示した。

2) 鉄栄養状態が改善しなかった B 選手

B 選手に対する栄養素等摂取量の目標量は、エネルギー 2,487kcal、たんぱく質 93.7g(1.7g/kg 体重)、脂質 65.7g、炭水化物 380.2g (6.9g/kg 体重)、鉄 10.5mg、ビタミン C 100mg に設定した。

栄養介入期間中に実施した食事調査およびそれに基づいた栄養教育の過程 (全 4 回) を表 4 に示した。

a) 強化合宿/アセスメント (2 月)

食事調査結果から、一日のエネルギー摂取量は 2,834kcal と目標量を大きく上回っており、その要因として、炭水化物の摂取量が目標量の 128.5%であったことが考えられた。そのことから、エネルギーを適切にとるための食知識を高める必要があると考えられ、主な炭水化物供給源となる主食と果物の種類と量に関する栄養教育を行った。さらに、鉄の摂取量が 8.3mg であり、目標量の 79.0%と十分ではなかったことから、食事からの鉄摂取量を増やすことを主体とした栄養教育も行った。

b) 所属先 (4 月)

B 選手の所属先の食環境は、寮における単一献立方式での食事提供であった。食事調査結果から、一日のエネルギー摂取量は 2,845kcal と目標量を大きく上回り、脂質の摂取量の割合が目標量の 178.1%であったことから、脂質の摂取量を調整するための栄養教育を行った。一方で、たんぱく質と鉄の目標量に対する割合はそれぞれ 86.6%、71.4%と目標量に達しておらず、補食や常備菜を選手自身で取り入れながら改善する必要があった。そこで、補食や常備菜の活用に関する具体的な提案を行うために、選手自身で買い出し可能なスーパーマーケットやコンビニエンスストアの販売商品の確認を行い、筆者にメールで伝えるよう依頼したが、選手からの連絡は無かった。

c) 所属先 (7 月)

食事調査結果から、脂質摂取量は目標量の 85.9%

と 4 月と比べて減少し、改善されていたが、たんぱく質の目標量に対する割合は 79.9%と改善が認められず、一日のエネルギー摂取量は 2,219kcal と目標量を下回っていた。また、鉄に関しても摂取量は 7.3mg であり、目標量の 69.5%と改善されないままであった。そこで、選手自身で買い出し可能なスーパーマーケットやコンビニエンスストアの販売商品の確認を行い、筆者に伝えるよう改めて依頼し、その上で補食や常備菜の提案をメールで選手に行った。

d) 強化合宿/モニタリング (7 月)

食事調査結果から、一日のエネルギー摂取量は 2,060kcal と目標量を大きく下回っており、炭水化物の摂取量が目標量の 80.2%と少ないことが要因として考えられた。食品群別摂取量に着目すると、アセスメント時との比較において、穀類の摂取量に変化は認められなかったが、果物の摂取量は 2,016g から 770g へと少なくなっていた。一方で、鉄摂取量は 16.2mg であり、目標量の 154.3%と初めて目標量を上回った。

e) 栄養介入前後における各項目の変化

鉄栄養状態に関して、Hb が 12.3g/dl から 12.8g/dl、TSAT が 22% から 12%、Fer が 16.1ng/ml から 17.4ng/ml と、アセスメント結果と比べ十分な改善が認められなかった。一方で、身体組成に関しても、目標が「現状維持」であった中で、栄養介入前後で体重は 55.1kg から 54.9kg、体脂肪率は 12.9% から 12.1%、除脂肪量は 51.5kg から 52.1kg と大きな変化はみられなかった。

IV. 考察

本研究では、バドミントン日本代表選手を対象として、栄養素等摂取量の目標量を個別に設定したうえで、食事摂取量に関する栄養評価によって課題や問題点を抽出し、約 6 か月の中でそれらの改善に向けた栄養教育を繰り返し行った。その結

表 4. B選手に対する栄養介入の事例

	強化合宿/アセスメント (2月)	所属先 (4月)	所属先 (7月)	強化合宿/モニタリング (7月)
食事調査				
栄養素等摂取量				
エネルギー (kcal)	2,834 (113.9)	2,845 (114.4)	2,219 (89.2)	2,060 (82.8)
たんぱく質 (g)	97.1 (103.7)	81.1 (86.6)	74.8 (79.9)	93.7 (100.0)
(g/kg体重)	1.8 (103.7)	1.5 (86.6)	1.4 (79.9)	1.7 (100.0)
脂質 (g)	60.9 (92.6)	117.1 (178.1)	56.5 (85.9)	51.7 (78.6)
炭水化物 (g)	488.7 (128.5)	353.1 (92.9)	343.9 (90.5)	305.0 (80.2)
(g/kg体重)	8.9 (128.5)	6.4 (92.9)	6.2 (90.5)	5.5 (80.2)
鉄 (mg)	8.3 (79.0)	7.5 (71.4)	7.3 (69.5)	16.2 (154.3)
ビタミンC (mg)	270 (270.0)	153 (153.0)	297 (297.0)	125 (125.0)
エネルギー産生栄養素バランス				
たんぱく質 (%エネルギー)	14 (77)	11 (64)	13 (76)	18 (102)
脂質 (%エネルギー)	19 (84)	37 (160)	23 (99)	23 (98)
炭水化物 (%エネルギー)	69 (117)	50 (84)	62 (105)	59 (100)
食品群別摂取量				
穀類 (g)	362 (-)	614 (-)	559 (-)	372 (-)
肉類 (g)	230 (-)	138 (-)	52 (-)	224 (-)
魚介類 (g)	0 (-)	15 (-)	25 (-)	10 (-)
卵類 (g)	50 (-)	72 (-)	67 (-)	50 (-)
緑黄色野菜 (g)	94 (-)	65 (-)	74 (-)	180 (-)
淡色野菜 (g)	80 (-)	92 (-)	103 (-)	75 (-)
果実類 (g)	2,016 (-)	240 (-)	450 (-)	770 (-)
食事内容				
朝食	No image <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・生卵 ・ハム ・小龍包 ・果物 ・オレンジジュース ・アップルジュース ・ヨーグルト (はちみつ) 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・生卵 ・ポテトコロッケ ・サラダ ・味噌汁 ・ヨーグルト ・韓国のり 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・生卵 ・ハム ・ツナ ・サラダ ・味噌汁 ・オレンジジュース ・ヨーグルト ・韓国のり 	No image <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・温泉卵 ・ベーコン ・小松菜とツナの和え物 ・果物 ・アップルジュース ・牛乳
昼食	 <ul style="list-style-type: none"> ・おにぎり ・ハンバーグ ・チキン粒マスタードソ ・果物 ・オレンジジュース ・アップルジュース ・ヨーグルト (はちみつ) 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・メンチカツ ・デニッシュ 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・ハンバーグ ・サラダ ・飲むヨーグルト 	No image <ul style="list-style-type: none"> ・ラーメン ・牛しゃぶ梅だれ ・ピザの包み揚げ ・ほうれん草のナムル ・ピザの包み揚げ ・果物 ・アップルジュース ・牛乳
夕食	No image <ul style="list-style-type: none"> ・おにぎり ・うどん ・鶏と里芋の煮物 ・じゃがもち ・サラダ ・果物 ・アップルジュース 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・ハンバーグ ・豚肉の煮物 ・サラダ ・味噌汁 ・果物 ・オレンジジュース 	 <ul style="list-style-type: none"> ・米飯 ・コロッケ ・焼売 ・ジャーマンポテト ・サラダ ・味噌汁 ・果物 ・オレンジジュース 	No image <ul style="list-style-type: none"> ・おにぎり ・スパゲッティ ・鶏の煮こり ・モロヘイヤの和え物 ・チヂミ ・果物 ・アップルジュース ・ピーチムース
その他	・スポーツドリンク			・スポーツドリンク
栄養教育				
主なテーマ	食事からの鉄摂取量を増やす	食事からの脂質摂取量の調整	食事からの鉄とたんぱく質の摂取量を増やす	主食と主菜の組み合わせ方
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養表示カードの見方と活用方法 ・主菜の種類と食品選択 ・副菜の種類と食品選択 ・主食と果物の種類と量について 	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養表示の見方 ・補食の種類と選び方 ・ドレッシングの選び方 ・調理法の違いと脂質量 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンビニ・スーパーで買い足せる補食や常備菜の提案 (魚肉製品、大豆製品、緑黄色野菜) 	<ul style="list-style-type: none"> ・主食の組み合わせ方 ・主菜の組み合わせ方

() 目標量に対する割合で示した。
 日本食品成分表2010を用いて算出した食事調査の結果から、課題があった項目を赤字で示し、改善された項目を青字で示した。

果、「自分自身にとって適切な食事摂取量を知っている」と回答した選手は、栄養介入前の 27%に対して栄養介入後には 100%となった。しかし、「自分自身にとって適切な食事摂取量の調整について日常的に実践できているか」という栄養介入後での質問に対して「実践できている」と回答した選手は 60%に留まった。その背景として、「実践できていない」とした選手らが「海外遠征中や所属先での食事調整が難しい」ことを理由に挙げているように、年間を通じて国内外の移動を繰り返すバドミントン日本代表選手にとって、サクラダイニングのように整った食環境では適切に食事摂取量の調整を行うことができても、海外遠征先など必ずしも食環境が整わない場所で食知識を実践へと結びつけ、コンディションの維持・向上につなげることの難しさを示唆するものと考えられる。

本研究では、約 6 か月という比較的短期間の栄養介入の中で、鉄栄養状態に関して Fer の値に増加傾向がみられ、体脂肪率が有意に低下するなど選手の身体組成にも改善が認められた。また、各選手もしくはペアの競技パフォーマンスに関して、世界ランキングは介入前後で上昇している選手が多かった。このことから、国内外の様々な食環境の中でコンディショニングを行う必要のあるバドミントン日本代表選手に対して、選手が自らにとって適切な食事摂取量を食環境に合わせて調整できるようになるための実践的な栄養教育を行うことは、鉄栄養状態や身体組成を含めたコンディションの維持・向上へとつながり、競技パフォーマンスの向上にまで貢献する可能性が示された。

スポーツ選手の鉄栄養状態の低下が引き起こされる要因として、運動による溶血¹³⁾、多量の発汗²⁶⁾などが挙げられるが、女子選手では月経による出血²⁾に伴う鉄の喪失が加わることから、一層注意が必要となる。そのため、本研究対象選手と同世代の日本人女性における鉄の推奨量が 10.5mg¹⁶⁾であ

るのに対して、スポーツ選手の目標量は 10-15mg¹⁶⁾、あるいはそれ以上とする場合もある。これに対して、鉄剤や鉄サプリメントなどを利用して選手の鉄摂取量を高めることにより、2-3 か月程度で鉄栄養状態の改善をもたらすことが示されている^{15),20)}。一方で、本研究では、鉄摂取量の目標量を 10.5mg とし、一過性に鉄の摂取量を高めることよりも、選手が日本人の食事摂取基準 2015⁸⁾に示された鉄の推奨量を習慣的にとれるようになることを優先させた。今回、アセスメントとして食環境の整ったサクラダイニングで実施した食事調査において、鉄摂取量は 14.1mg と既に目標量を上回っていた。しかし、栄養介入により鉄の推奨量を日常的にとることを促した結果、貯蔵鉄である Fer が増加傾向を示したことは、実際には栄養介入前の日々の食事において鉄の摂取量が十分ではなかったことを反映している可能性があり、バドミントン日本代表選手のコンディショニングにおいて、特に女子選手では、食環境によらず鉄の摂取を十分に行えるようになることが重要であることを改めて示唆するものと考えられる。

本研究では、栄養介入の中で体脂肪率の有意な減少ばかりでなく、除脂肪量の有意な増加もみられた。バドミントンの国際大会のスケジュールには、トレーニング期、試合期、オフ期のような明確な期分けがなく、通年で試合遠征が続くため、筋肥大を目的とした高強度のトレーニングを一定期間継続して行うことが難しい。そのことは本研究期間も同様であり、選手ごとに日々のトレーニング量や強度に関する記録は行わなかったものの、栄養介入前後での除脂肪量の比較においてトレーニングの量や強度の変化がもたらした影響は一樣ではなく、かつ限定的なものであったと推察される。その中で除脂肪量が有意に増加した要因として、栄養介入前、特に海外遠征期間において、対象選手らが日々の食事から筋たんぱく質合成に必

要なだけのたんぱく質を摂取できていなかった可能性が考えられる。A 選手の事例でも、たんぱく質摂取量は栄養介入後半のインドネシア遠征では体重 1kg あたり 1.5g を確保できていたが、栄養介入前半のシンガポール遠征では体重 1kg あたり 1.0g に留まっていた。たんぱく質摂取量については、体重 1kg あたり 0.86g と比較して 1.4g で筋たんぱく質合成が高まることが報告されており²⁵⁾、アメリカスポーツ医学会のガイドラインでも、スポーツ選手のたんぱく質摂取量として体重 1kg あたり 1.2 - 1.7g が推奨されている²³⁾。このように、日々の活動量に応じて十分な量のたんぱく質を摂取することが筋たんぱく質合成には不可欠であり、年間を通じて食環境が一定ではないバドミントン日本代表選手にとって、たんぱく質の不足が生じないよう食事摂取量に注意を向けていく必要がある。

IOC は、栄養に関する合意声明において「様々な種類の食品を組み合わせた食事から適切なエネルギーをとることで、練習や試合に必要なたんぱく質、脂質、炭水化物、その他の微量栄養素をとることができる」¹¹⁾としている。本研究では、栄養教育を通じ、主食に関して米飯・麺類・パン類・シリアル類を食環境や食欲に応じて種類を考慮して組み合わせること、たんぱく質供給源である主菜の種類に関して肉類に偏ることなく魚介類も取り入れること、副菜である野菜の種類に関してビタミンやミネラルを豊富に含む緑黄色野菜を積極的にとることの重要性を説明し、食環境によらず柔軟な食事選択を行えるよう、選手が炭水化物、たんぱく質、鉄、ビタミン、ミネラルを特定の食品からだけでなく、様々な食品からとれるようになることを目指した。その結果、主食、主菜、副菜の種類が豊富に提供されているサクラダイニングでの食事調査において、栄養介入前後で主食である穀類の摂取量が有意に増加したことに加え、

主菜の選択として肉類が有意に減少し、魚介類が有意に増加するという変化がみられたことは、こうした働きかけを反映したものと考えられる。

本研究では、選手への負担の大きさを考慮し、食事摂取量に関する情報提供を選手に毎日求めることはせず、日本代表強化合宿におけるサクラダイニングでの食事記録を基本とすることとした。その中で、モニタリングにおいてヒアリングをできなかった 1 名のように、本研究期間中に行われた強化合宿 5 回のうち、結果的に参加できたのが 3 回に留まった選手がいるなど、鉄栄養状態が目標値まで改善しなかった選手では、栄養教育の効果検証としての食事確認の頻度や栄養教育が少なくなってしまう。A 選手に関しては、11 回と栄養教育を繰り返し行うことができ、選手自身が補食の活用や副菜、主菜の種類の調整を行えるようになるなど、食事に対する知識や意識の高まりが日常的な食行動に反映されたことで、鉄栄養状態や身体組成の改善に繋がったと考えられる。一方で、B 選手に関しては、4 回と栄養教育を十分に行えず、選手の食知識や意識を十分に高めることができなかった。本研究では、食環境ごとに典型的な一日を選んで食事調査を実施したが、その中で、A 選手のエネルギー摂取量は 2,211-2,399kcal (変動係数 4%) とほぼ一定であったのに対し、B 選手では 2,060-2,845kcal (変動係数 16%) と増減の幅が大きかった。このことは、A 選手では補食の活用など、適切に食事摂取量を調整するための自発的な行動が認められたのに対し、B 選手では所属先での食行動が受身的であったことを反映しているものと考えられる。これらの事例から、鉄栄養状態の数値が改善しなかった選手に対しては、所属先との連携の中で情報を共有しながら、合宿期間における栄養教育の頻度を高めて食事確認を行っていく必要があると考えられる。その上で、鉄の摂取量に限らず、選手が食環境に応じて能動的に食事摂取

量を調整できるようになるための栄養教育を行うことが重要となるだろう。

本研究では、A 選手をはじめ、選手の海外遠征での食事調査に関して、日本食品成分表 2010 に基づいて食事摂取量の算出を行った。しかし、食品の成分値は、採れる季節や場所によって個体差があることから、世界各国で食品成分表に示されている標準値は異なる。そのため、海外遠征における食事摂取量の数値に関して、諸外国の食品成分値に基づいて算出される数値とは必ずしも一致したものにならないことは、選手への栄養介入を行っていくうえで留意するべき点となるだろう。また、本研究は約 6 か月間という比較的短期間で行われたことから、鉄栄養状態として Fer には増加傾向がみられたものの、Hb の数値にまでは変化がみられなかった。一方で、持久力が求められる競技のトップスポーツ選手では、Hb の数値が 14g/dl 以上で高い競技成績を有していることが報告されており^{12),22)} 栄養介入後の Hb の数値が 12.7g/dl に留まった本研究の対象選手についても、長期的に栄養・食事の改善に関する取り組みを継続し、貯蔵鉄である Fer やトランスフェリン(血液中の鉄を輸送するたんぱく質)と結合可能な鉄の割合を示す TSAT の数値を高めることにより、酸素を運搬する Hb の数値増加につなげていくことが望ましいといえる。

本研究は、各競技種目の一流選手を対象に、選手の国際競技力向上を目的として JISS で行われている栄養介入の効果について、客観的指標を用いて検証を行った初めての実践的研究として位置づけられる。そのため、今後、バドミントン競技はもちろん、その他の競技種目の一流選手を対象に栄養介入を行っていくうえでも、本研究のデータは貴重な示唆を与えるものとなることが期待される。

V. 結論

本研究では、バドミントン日本代表選手を対象として、選手自らが様々な食環境に応じて適切に食事摂取量を調整できるようになることを目指した 6 か月間の栄養介入を行い、本栄養介入を通じて鉄栄養状態や身体組成を中心とした選手のコンディションを向上させることができるか実践的な検証を行った。その結果、選手らが必要とされる食知識を獲得することで、鉄栄養状態に改善傾向がみられるとともに、身体組成が改善した。このことから、国内外の様々な食環境の中でコンディショニングを行うことが求められるバドミントン日本代表選手にとって、競技パフォーマンスおよびコンディションの維持・向上を目指すうえで、選手が自らにとって適切な食事摂取量に関する知識を獲得することの重要性が示された。

謝辞

本研究に際し、栄養介入に関してご支援・ご協力を頂きました日本バドミントン協会関係者の皆様、バドミントン日本代表選手の皆様、および日本スポーツ振興センター・ハイパフォーマンスサポート事業バドミントン担当スタッフの皆様にご心より感謝と御礼を申し上げます。

文献

- 1) Badminton World Federation. WORLD RANKING SYSTEM. <http://bwfcorporate.com/regulations/> (2016 年 6 月 17 日) .
- 2) Beals KA. Eating behaviors, nutritional status, and menstrual function in elite female adolescent volleyball players. *J Am Diet Assoc*, 102(9): 1293-6, 2002.
- 3) Brožek J, Grande F, Anderson JT, et al. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci*, 110: 113-140, 1963.

- 4) Burke LM, Hawley JA, Wong SH, et al. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci*, 29: S17-S27, 2011.
- 5) Faude O, Meyer T, Rosenberger F, et al. Physiological characteristics of badminton match play. *Eur J Appl Physiol*, 100: 479-485, 2007.
- 6) 樋口満. コンディショニングのスポーツ栄養学. 新版, トレーニングとエネルギー消費量, 市村出版, 東京, 2008, 11-22.
- 7) 菱田明, 佐々木敏. 日本人の食事摂取基準 (2015 年版). 初版, エネルギー, 第一出版, 東京, 2014, 45-87.
- 8) 菱田明, 佐々木敏. 日本人の食事摂取基準 (2015 年版). 初版, エネルギー産生栄養素バランス, 第一出版, 東京, 2014, 153-163.
- 9) 菱田明, 佐々木敏. 日本人の食事摂取基準 (2015 年版). 初版, ビタミン, 第一出版, 東京, 2014, 164-246.
- 10) 菱田明, 佐々木敏. 日本人の食事摂取基準 (2015 年版). 初版, ミネラル, 第一出版, 東京, 2014, 247-342.
- 11) International Olympic Committee. IOC consensus statement on sports nutrition 2010. *J Sports Sci*, 29: 3-4, 2011.
- 12) International Olympic Committee. The International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on periodic health evaluation of elite athletes March 2009. *J Athl Train*, 44(5): 538-557, 2009.
- 13) 石田浩之. スポーツと貧血 - ヘモグロビン正常、フェリチン低下にどう対応するか -. 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター紀要, 9-14, 2012.
- 14) 亀井明子, 川原貴. アスリートの栄養管理について - 国立スポーツ科学センターの場合 -. *JAPANESE JOURNAL of ELITE SPORTS SUPPORT*, 8: 41-52, 2016.
- 15) 風見公子, 芦田欣也, 佐藤裕子, 他. 栄養介入による男子大学生長距離ランナーの貧血指標の改善. *体力科学*, 63(3): 313-321, 2014.
- 16) 小林修平, 樋口満. アスリートのための栄養・食事ガイド. 第2版, アスリートの栄養・食事計画, 第一出版, 東京, 2006, 90-119.
- 17) 公益財団法人 日本バドミントン協会. 2016 年 ナ シ ョ ナ ル チ ー ム 派 遣 事 業 計 画 . <http://www.badminton.or.jp/national/schedule.html> (2016 年 6 月 17 日) .
- 18) Lohman TG. Applicability of body composition technique and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev*, 14: 325-357, 1986.
- 19) Louise B. and Vicki D. *Clinical Sports Nutrition*. 4th ed., Prevention, detection and treatment of iron depletion and deficiency in athletes, McGraw-Hill, North ryde, 2010, 222-251.
- 20) 松本恵. 大学生アスリートに対する栄養アセスメントと栄養管理: 女子アスリートの貧血改善サポート (実践編). *臨床スポーツ医学*, 29(9): 925-930, 2012.
- 21) Maughan RJ. *Sports Nutrition*. first published, Iron Requirements and Iron Status of Athletes, John Wiley & sons, West Sussex, 2014, 229-241.
- 22) Rietjens GJ, Kuipers H, Hartgens F, et al. Red blood cell profile of elite olympic distance triathletes. A three-year follow-up. *Int J Sports Med*, 23(6): 391-396, 2002.
- 23) Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 43(3): 709-731, 2009.
- 24) 田口素子, 高田和子, 大内志織, 他. 除脂肪量を用いた女性競技者の基礎代謝量推定式の妥当性. *体力科学*, 60: 423-432, 2011.
- 25) Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, et

al. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol*, 73: 1986-1995, 1992.

26) Waller MF, Haymes EM. The effects of heat and exercise on sweat iron loss. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2): 197-203, 1996.