

短 報

高校野球選手の栄養学的介入による夏季の 体格・栄養状態の改善

海崎 彩^{*1, *2}、田中 紀子^{*1}

^{*1}神戸女子大学大学院家政学研究科、現在の所属^{*2}立命館大学立命館グローバルイノベーション研究機構

【目的】

若年運動選手において適切な栄養摂取は、競技力向上のためだけでなく、健康な発育・発達に重要である。本研究では、高校野球選手を対象として、夏季を中心に栄養状態の調査・解析を行って問題点を抽出し、改善のための継続的な栄養教育・指導を行い効果を調べた。

【方法】

高校硬式野球部に所属する男子生徒14人を対象に、介入前後に、食事調査（食物摂取頻度調査FFQg）、身体計測（身長、体重、上腕・下腿周囲長）、血液検査（血液学・生化学検査）を実施した。介入前は2011年7月に、介入後は1年間にわたり3回調査・測定を実施し、結果に基づいて栄養学的介入を行った。介入では、BMIを指標として目標とする体重を設定したり、夏季には食物摂取を減少させないように媒体作成するなどして、具体的な栄養指導を行った。

【結果】

選手のエネルギー・栄養素摂取量は介入により有意に増加し、体重やBMI、上腕周囲長など体格も有意に向上した。この介入効果は夏季にも現れ、食物摂取の減少は抑制され体格は維持された。選手の93%はRBC、HGB、HCTなどの血液検査値は良好であったが、血清フェリチン（FRN）は低値であった。介入により約半数が改善したが、FRN異常低値の場合、効果は見られなかった。

【結論】

高校野球選手への継続的な栄養介入は、夏季の栄養状態を改善し、体格を向上させるだけでなく、貧血の予防にも繋がることが期待された。

キーワード：高校野球選手、栄養学的介入、夏季、BMI、血清フェリチン

I. 緒 言

運動選手において適切なエネルギー・栄養素の摂取は、運動により消費されるエネルギーの補給や、試合に勝つための身体づくり、体力づくりにおいて重要である。栄養は運動パフォーマンスと密接な関連があることが示されていて、炭水化物（糖質）が豊富な食事は肝臓や筋肉のグリコーゲンを増加させ、持久力の向上に繋がることが報告されている¹⁾。また、エネルギーの摂取が減少するとマクロ栄養素だけでなくミクロ栄養素も減少する²⁾ので、エネルギー不足は多くの栄養素の不足を招き、健康障害を起こすこともある。エネルギー・タンパク質の不足が長期間つづくと、貧血を発症することは古くから知られ^{3,4)}、最近の報告でも、貧血群（女子運動選手）ではエネルギー摂取量

が明らかに低値を示していた^{5,6)}。また、成長期にある運動選手は激しい運動ではなくても、鉄欠乏性貧血が起こりやすいと言われ、非運動者よりも潜在性鉄欠乏性貧血の頻度が高いことが報告されている⁷⁾。貧血を発症すると、ヘモグロビン濃度の減少とともに酸素運搬機能が低下し、競技力が低下することが知られている^{8,9)}。これらのことから、高校運動選手ではエネルギー不足が起こらないようにすることが、体力、技術力の向上のためだけでなく、不足しがちな鉄やカルシウム¹⁰⁾の確保にも繋がり、健康な発育・発達を促すことになる。

運動の中でも野球は、技術的要素として、走力・投力・打撃力・守備力の専門的な技術が占める割合が高いと言われており¹¹⁾、その技術力は、選手の体格の向上によって高められることも報告されている¹²⁾。高校

野球選手では、体格の向上、技術取得を目指して、一般的に練習時間が長くなる。日本高等学校野球連盟(高野連)と朝日新聞社による加盟校(4,048校)を対象とした高校野球選手の実態調査(2013年)では¹³⁾、約60%の高校で平日は3時間以上、休日は6時間以上の練習を行っているとして、長時間の練習によるエネルギー消費が大きいことが推測できる。実際に、高校野球選手のエネルギー消費について二重標識水法を用いた測定では、その消費量は4,900kcal/dayであり¹⁴⁾、プロサッカー選手(3,500kcal)や消防団の消費量(4,000kcal)¹⁵⁾よりも大きいことが報告されている。一方、日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会が先行研究から算出した野球選手の目標エネルギー摂取量は3,500~4,000kcalとなっている¹⁶⁻¹⁹⁾。

また、栄養の意識・関心については、「食事・栄養の指導をしている」チームは67%であり、10年前と比べると10ポイント増加し、栄養の重要性は次第に認識されている¹³⁾。しかし、選手の栄養状態を調査した研究では、彼らの栄養状態は必ずしも良好ではないことが報告されている²⁰⁾。こうした栄養状態の改善は、管理栄養士により行われている場合、介入は有効であるとする報告は多い^{21,22)}。管理栄養士による栄養指導の内容は、競技種目や、介入する時期により異なるが、選手の抱える栄養・食生活上の問題点などを洗い出すため、事前に食事調査を行うことは共通した項目である。選手の栄養摂取の現状を調べることで、具体的な栄養・食生活の問題点が把握できる。また、栄養指導では、具体的な指導が行われるとその効果が大きい。例えば、高校野球選手のエネルギー摂取量増加のための指導では、チーム全体への栄養教育だけでなく、家庭で食事を担当する保護者と選手に対して個別に不足する食品の具体的な目安量を設定すると、朝食と間食の摂取回数を増加させ、介入後の摂取量を増加させることができた²¹⁾。また、女子新体操選手²²⁾では、理想体型を目指し日常的に減量しているものが多く、エネルギー摂取量の減少とともに多くの栄養素が欠乏している現状がある。ことに試合直前の減量期になると貧血発症する選手が多くなり、競技力や健康に影響を及ぼすことが懸念されている²²⁾。こうした貧血発症予防を目的としてタンパク質摂取の時期を検討した先行研究では、試合直前の減量期のタンパク質摂取増加は困難であったが、オフ期にはタンパク質摂取を増加させることができ、試合期に体重が減少しても貧血発症が予防され、栄養教育・指導の効果が示された。このようにどのような競技であっても、選手達の栄養や食事管理をすることにより、栄養状態を改善し、良好な身体状況を示すことができた。選手や保護者への介入は健康課題を解決し、競技力を整えるための体づくりに必要な不可欠なものである。

高校野球の場合、全国高等学校野球選手権大会(甲

子園)に向けた地方大会が梅雨時から始まり、本大会の試合が夏季暑熱環境下で行われる。すなわち夏季は、集中して練習や試合が行われるので活動量が増加する。実際に生活時間調査からエネルギー消費を調べた先行研究では、夏季にエネルギー消費は春季に比べて有意に増加し、その増加率は14~22%であった。また、夏季には食物摂取の減少が起こることが古くから知られているが^{23,24)}、高校野球選手でも約70%に食欲低下が起こり、エネルギー摂取が減少し体格に悪影響を及ぼした²⁵⁾。このように高校野球の場合、ちょうどオンシーズンが夏季にあたり、食欲が低下するので、選手の栄養状態を良好に保つことは難しい。本研究では、高校野球選手を対象として、夏季(7月)のオンシーズンにエネルギー摂取が減少しないよう、また体格を低下させないような栄養学的介入を行い、効果を調べたので報告する。

II. 方 法

食事調査および身体計測と血液検査を介入前と後に行って、栄養状態や体格の変化を調べた。介入では、調査値や検査値から選手の問題点を抽出して、栄養学的介入(栄養介入)を1年に亘り継続的に行い、栄養教育・指導の効果を調べた。なお、介入は管理栄養士により行うものとした。

1. 対象者および調査期間

対象者は、高校硬式野球部に所属する男子生徒14人(16.8±0.1歳)である。チームの競技レベルは、県内で有数であり、全国大会に出場した経験を持つ。選手の居住形態は、全員が家族との同居である。対象者のポジションは、内野手6人、外野手6人、ピッチャー2人である。

当該校の練習内容は、春季にはストレッチやダッシュ、キャッチボールなどのアップ、素振り、ノックやバッティングなどが行われていた。夏季の練習は春季とほぼ同じ練習内容であったが、夏季休業期間中は練習時間は2~3倍延長されて、行われていた。したがって、介入前後も練習内容はほぼ同じであると考えられる。

調査は、2011年7月に食事調査、身体計測(身長・体重・上腕および下腿周囲長)、血液検査を実施した。その後、2011年12月、2012年5月、7月に、同様の調査と検査を実施した(図1)。調査および検査は、部活休止期に実施した。介入では、食事調査や身体計測値・血液検査から、各選手の目標とする体重を設定したり、不足すると思われるエネルギーや栄養素の摂取増加のための栄養教育・指導を行うことにした。

本研究は「神戸女子大学ヒト研究倫理委員会」の承認を得るとともに、選手及び保護者に調査目的および

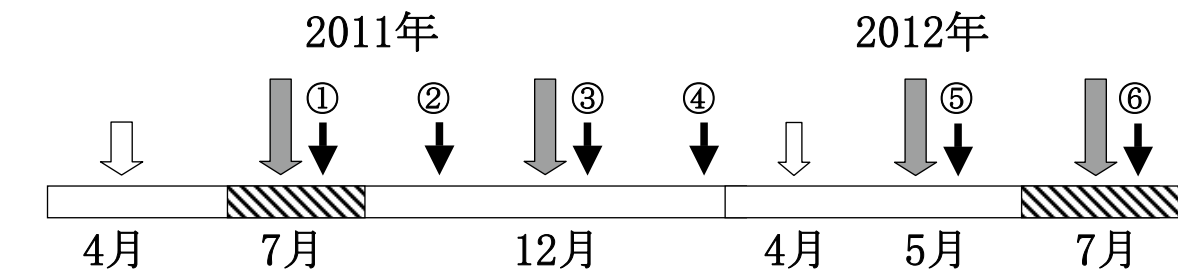


図1 調査および栄養介入のスケジュール

- ▨ : オンシーズン
- : 身長測定
- : 調査・測定（身体計測、食事調査、血液検査）
- : 栄養介入（①～⑥）

栄養介入では、体格の向上および夏季に食物摂取が減少しないこと、また体格の低下を起こさないことを目標として栄養教育・指導を行った。

介入①：調査の結果、対象者のBMIが22未満だったので、22以上となるようにエネルギー・栄養素摂取量を増加するよう指導した。なお、その際、動機づけとして甲子園出場校の選手のBMIは、23以上であることを伝えた。

介入②：食事調査・血液検査の結果から、カルシウムや鉄の摂取が少ない選手や貧血傾向の選手が存在したので、カルシウムや鉄の摂取を増やすような栄養教育・指導を行った。

介入③：介入②により鉄やカルシウムの摂取の増加が確実に起こったが、依然、貧血傾向の選手が存在したので、引き続き鉄の摂取を増加するよう栄養指導を行った。

介入④：BMI22以上の目標値を達成できていなかったため、引き続き体格向上を目指して、エネルギー摂取増加のための食品の摂り方を示した。

介入⑤：血液検査の結果から、貧血傾向の選手が依然として存在したので、鉄についての栄養教育・指導を行った。

介入⑥：試合に向け、これまでの栄養介入で行った内容をまとめた。また、夏季の体重の低下を招かないようなエネルギーや栄養摂取の摂り方について栄養教育・指導を行った。

方法を説明し、文書による同意が得られた者について行った。

2. 食事調査

食事調査は、習慣的なエネルギー・栄養素摂取量を把握するため、食物摂取頻度調査FFQg（エクセル栄養君・食物摂取頻度調査FFQg Ver.3.0（建帛社））を用いた²⁶⁾。選手に用紙を配布し、記入方法について説明した後、記入させ回収した。調査用紙回収時、記入漏れや間違いがあった場合、その場で訂正し、追加記入させ、できるだけ正確な情報を得た。

3. 身体計測

身体計測は、身長、体重、BMI、上腕および下腿周囲長を測定した。身長は4月に高校内で実施された身体計測の値を用いた。体重は体重体組成計（HBF-200 オムロンヘルスケア株式会社）を用いて測定した。BMIの計算で用いた身長は、2011年7・12月では2011年4月の測定値、2012年5・7月では2012年4月の測定値を用いた。また、骨格筋量の指標として、競技特性の現れる部位に注目し、上腕および下腿周囲長を測定した¹⁾。測定は、計測器具インサートテープ、アボット栄養アセスメントキット（アボットジャパン株式会社）を用いて左右行い、利き腕・利き足の右側を測定値とした。

4. 血液検査（血液学・生化学検査）

血液検査では、選手は昼食終了後3～4時間後に血液を採取した。選手には昼食以後は少量の水以外の飲食を禁止し、検査まで安静状態にするよう指示した。血液学検査では、赤血球（RBC）、ヘモグロビン（HGB）、ヘマトクリット（HCT）、血清フェリチン（FRN）、平均赤血球容積（MCV）、平均赤血球色素量（MCH）、平均赤血球色素濃度（MCHC）を測定した。生化学検査では、血清総タンパク（TP）、血清アルブミン（Alb）、血清総コレステロール（T-Chol）、血清トリグリセリド（TG）、血漿グルコース（Glu）を測定し、分析は（株）エスアールエルに委託した。なお、FRNは、体内の貯蔵鉄量との間に一定の関係があり、潜在性鉄欠乏症や鉄過剰症の診断には欠かせない検査である。

5. 栄養状態の判定と栄養学的介入・目標設定について

栄養状態の判定については、体重・BMIおよび血液検査、食事調査により行った。栄養学的介入の目標設定では、短期では体格の向上、長期では介入後の夏季（約1年後）に食物摂取の減少や体格の低下を起こさないことを目標とした。

体格向上については、BMIが22以上となるよう目標値を設定した。BMI 22は日本人の疾病合併率が最も

表1 身体計測値の介入による変化

	2011年		2012年	
	介入前	介入後		
	7 月	12月	5 月	7 月
体重 (kg)	61.6 ± 1.5 ^a	63.5 ± 1.5 ^b	64.3 ± 1.3 ^{bc}	65.2 ± 1.4 ^c
BMI (kg/m2)	21.1 ± 0.5 ^a	21.5 ± 0.4 ^{ab}	21.5 ± 0.4 ^{ab}	21.7 ± 0.4 ^b
上腕周囲長 (cm)	27.4 ± 0.5 ^a	28.2 ± 0.5 ^{ab}	28.1 ± 0.4 ^{ab}	28.5 ± 0.4 ^b
下腿周囲長 (cm)	37.1 ± 0.5	37.7 ± 0.5	37.4 ± 0.4	37.6 ± 0.5

平均値 ± SE (n = 14)

BMI: Body Mass Index

^{a,b,c} 反復測定による分散分析後、有意差が見られたものについてTukeyの多重比較を行った。異なるアルファベットを持つ平均値に有意差有り。

栄養介入①②：介入前7月の測定後に実施；③④：2012年12月測定後に実施；⑤：2012年5月測定後に実施；⑥：2012年7月測定後に実施

低く、理想的な体格指数として用いられている^{27,28)}。また、介入期間中は、選手自身による定期的な体重測定を行わせ、自分自身による体重管理を徹底させた。なお、体格向上の動機付けのために、甲子園出場校の上位校の選手のBMI²⁹⁾を選手に伝えた。

栄養改善のための介入①～⑥(図1)を定期的に1～2か月に1回の割合で行ったが、内容については図1のlegendに表示した。

栄養教育・指導は、集団および個人指導により行った。集団指導では、選手および保護者にリーフレットを配布し、栄養の知識を身に付けさせた。個人指導では、現在の食物摂取状況を示しながら、目標に達するような体重増加のための栄養の取り方をフードモデルを用いて具体的に示した。

一方、スポーツの現場では夏季にはエネルギー摂取が減少することをすでに報告してきた²⁵⁾。夏季には、特に昼食のエネルギーが減少しており、栄養素ではタンパク質と脂質が減少していた³⁰⁾。そこで、夏季の介入では、昼食ではおかずを摂るよう指導し、例えば、そうめんなどの麺類を食べる場合も具材をたくさん入れたり、卵やハムなどのタンパク質などを摂るよう指導した。また、昼食でエネルギー摂取が十分できない場合は間食の回数を増やすよう指導し、具体的には、清涼飲料水やアイスクリームなどの水分として摂るのではなく、パンやおにぎりなどを取るよう指導した。また、運動後の栄養摂取時期について、なるべく2時間以内に炭水化物やタンパク質を摂る³¹⁾ように指導した。

6. 統計処理

すべての測定値は、平均値 ± 標準誤差で示した。エネルギー・栄養素摂取量、身体計測値、血液検査の結果は、反復測定による一元配置分散分析後、有意差が見られたものに対しTukeyの多重比較を行った。

統計処理ソフトはIBM SPSS Statistics Ver.19.0 for Windows (IBM社)を用いて行った。危険率の有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 身体計測値の変化

身体計測値のうち、体重、BMI、上腕周囲長は介入前に比べて、介入後に有意に増加したが、下腿周囲長には変化が見られなかった(表1)。すなわち介入後の体重増加は、いずれの季節においても介入前に比べて有意であったが、介入後の7月の増加率は約6%であった。BMIも増加したが、有意に増加したのは介入後の7月であり、その増加率は約3%であった。また、個人別では、介入前のBMIが22未満の選手は14人中12人であったが、介入後の7月には7人に減少した(表4)。上腕周囲長も増加したが、有意であったのは7月であり、その増加率は4%であった。

なお、選手の身長はデータには示していないが、介入前の2011年4月では171.1 ± 1.0cmであったが、1年後の4月には有意に増加し173.0 ± 1.1cmとなった。

2. エネルギー・栄養素摂取量

介入前のエネルギー摂取量は3,219kcalであり(表2)、野球選手の目標エネルギー摂取量(3,500～4,000kcal)と比べると低かった¹⁶⁻¹⁹⁾。介入後のエネルギー摂取量は12月には有意な増加を示し、その増加率は約14%であった。それ以後、エネルギー摂取量は5月まで増加した。7月にはやや減少したが、それでも介入後の7月のエネルギー摂取量は、介入前と比べると有意に大きく、改善がみられた。

タンパク質摂取量は介入後の12月以降に有意に増加しており、その増加率は約19～26%であった。脂質摂取量は、介入後増加し、5月になると有意に増加した。

表2 エネルギー・栄養素摂取量の介入による変化

	2011年		2012年	
	介入前		介入後	
	7月	12月	5月	7月
エネルギー (kcal/日)	3,219 ± 103 ^a	3,664 ± 147 ^b	3,905 ± 171 ^b	3,760 ± 136 ^b
タンパク質 (g/日)	101.5 ± 3.6 ^a	120.5 ± 7.2 ^b	127.6 ± 6.7 ^b	124.7 ± 8.7 ^b
脂質 (g/日)	97.7 ± 4.0 ^a	110.1 ± 6.5 ^{ab}	126.8 ± 8.5 ^b	121.9 ± 7.6 ^b
炭水化物 (g/日)	462.4 ± 15.5 ^a	522.9 ± 19.2 ^b	542.5 ± 25.2 ^b	522.0 ± 17.5 ^b
P (%E)	13.0 ± 0.2	13.4 ± 0.3	13.4 ± 0.5	13.4 ± 0.5
F (%E)	28.0 ± 0.6	27.8 ± 1.1	29.7 ± 1.2	29.6 ± 1.3
C (%E)	59.0 ± 1.7	58.8 ± 1.3	56.9 ± 1.6	57.0 ± 1.6
カルシウム (mg/日)	619 ± 56 ^a	968 ± 89 ^b	1,040 ± 99 ^b	1,039 ± 81 ^b
鉄 (mg/日)	8.3 ± 0.4 ^a	11.5 ± 0.7 ^b	12.9 ± 1.0 ^b	12.4 ± 1.0 ^b
ビタミンB ₁ (mg/日)	1.3 ± 0.1 ^a	1.7 ± 0.1 ^b	1.9 ± 0.2 ^b	1.8 ± 0.2 ^b
ビタミンB ₂ (mg/日)	1.5 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.1 ^b	2.1 ± 0.2 ^b	2.1 ± 0.1 ^b
ビタミンC (mg/日)	77 ± 9	106 ± 11	110 ± 11	122 ± 26
E (kcal/kg 体重/日)	52.5 ± 1.8	57.8 ± 1.9	60.9 ± 2.5	57.7 ± 1.9
Pro (g/kg 体重/日)	1.7 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.1 ^{ab}	2.0 ± 0.1 ^b	1.9 ± 0.1 ^{ab}

平均値±SE (n=14)

P (%E)：タンパク質エネルギー比率；F (%E)：脂質エネルギー比率；C (%E)：炭水化物エネルギー比率；E：体重 (kg) あたりのエネルギー；Pro：体重 (kg) あたりのタンパク質^{abc} 反復測定による分散分析後、有意差が見られたものについてTukeyの多重比較を行った。異なるアルファベットを持つ平均値に有意差有り。

その増加率は約30%であった。炭水化物摂取量は、介入後の12月以降に有意に増加し、その増加率は約13%であった。タンパク質、脂質、炭水化物は、いずれも5月まで増加したが、7月になるとやや減少した。減少しても7月の栄養素の摂取量は介入前より有意に大きかった。

一方、エネルギー構成 (PFC) 比率は、介入による有意な変化はなかったが、脂肪エネルギー (F) 比率は、介入前は28%であったが、介入後の5月・7月に約30%となりやや増加した。一方、タンパク質エネルギー (P) 比率は約13%、炭水化物エネルギー (C) 比率は約57~59%であり大きな変化はなかった。

カルシウム (Ca)、鉄 (Fe)、ビタミンB₁ (VB₁)、ビタミンB₂ (VB₂) の摂取量は、介入後12月に有意に増加し、それ以降も増加したまま維持された。なお、介入後のCa、鉄、VB₂、ビタミンC (VC) の摂取量は、参考値としてJSAの目標量 (3,500kcal/日の場合Ca：1,000~1,200mg；Fe：10~15mg；VB₂：2.1~2.8mg；VC：100~200mg) の範囲内となった。

エネルギー摂取量を体重あたりで見ると、12月以降は介入により有意差はなかったものの約10%増加した。体重あたりのタンパク質摂取量 (g/kg体重/日) は介入後増加し、5月には有意に増加した。その増加率は約14%であった。介入後の7月には体重あたりでもエネルギー摂取・タンパク質摂取は増加した (表2)。

3. 血液・生化学検査

血液検査の結果を表3に示した。介入前の血液学検査では、赤血球 (RBC)、ヘモグロビン (HGB)、ヘマトクリット (HCT) の平均値は基準値の範囲内であった。これらの血液データは、介入による大きな変化はなく、介入前と後はほぼ同じであった。

一方、介入前のフェリチン (FRN) の平均値は26 (ng/ml) であり、基準値 (39.4~340.0) より低値であったが、介入後に増加し、特に5月以降になると有意に増加した。しかし、介入後増加しても基準値よりも低値であった。

血液検査の結果は、平均値として見ると基準値内で問題がないように見えるが、個別で見ると、HGBの基準値未満の選手は介入前に1人、そして介入後の5月に1人増加した (表4)。HCTでは、介入前後で基準値未満であった選手が1人ずついた。それ以外の13人 (93%) はHGB、HCTの検査値には問題はなかった。しかし、13人のうち12人 (92%) の選手のFRNは低値を示した。介入後は選手のFRNは増加したが、12人のうち5人 (42%) が基準値を超えて改善した。FRN低値の中でも異常低値を示した選手が2人いた (A・B選手) (表5)。彼らのHGBやHCTは基準値のあたりか下回る値であった。A選手のFRNは、介入前の7月は2.5 (ng/ml) であり、介入後は4.2になり、改善傾向は見られたが、それでも異常低値のままであ

表3 血液・生化学検査の介入による変化

	2011年		2012年		基準値*
	介入前	12月	介入後	7月	
	7月		5月		
血液学検査					
RBC (×10 ⁴ /μl)	502 ± 9	499 ± 9	495 ± 7	492 ± 7	427 ~ 570
HGB (g/dl)	14.5 ± 0.4	14.4 ± 0.4	14.2 ± 0.5	14.1 ± 0.5	13.5 ~ 17.6
HCT (%)	43.5 ± 0.9	43.2 ± 0.9	42.6 ± 1.2	44.0 ± 2.6	39.8 ~ 51.8
MCV	86.7 ± 1.0	86.7 ± 1.3	85.9 ± 1.9	85.3 ± 2.1	82.7 ~ 101.6
MCH	28.9 ± 0.5	28.9 ± 0.7	28.6 ± 0.8	28.6 ± 0.9	28.0 ~ 34.6
MCHC	33.3 ± 0.3	33.2 ± 0.3	33.2 ± 0.4	33.4 ± 0.4	31.6 ~ 36.6
FRN (ng/ml)	26.0 ± 4.2 ^a	29.3 ± 3.7 ^{ab}	35.7 ± 5.7 ^b	35.7 ± 5.3 ^b	39.4 ~ 340.0
生化学検査					
TP (g/dl)	7.4 ± 0.1 ^a	7.4 ± 0.1 ^{ab}	7.2 ± 0.1 ^b	7.1 ± 0.1 ^{bc}	6.7 ~ 8.3
Alb (g/dl)	4.7 ± 0.1 ^{ab}	4.8 ± 0.1 ^a	4.7 ± 0.1 ^{ab}	4.7 ± 0.1 ^b	4.0 ~ 5.0
T-Chol (mg/dl)	162 ± 10 ^a	163 ± 10 ^a	159 ± 8 ^a	141 ± 12 ^b	150 ~ 219
TG (mg/dl)	77 ± 7 ^a	84 ± 11 ^a	117 ± 12 ^b	95 ± 8 ^{ab}	50 ~ 149
Glu (mg/dl)	82 ± 2	80 ± 2	83 ± 3	83 ± 2	70 ~ 109

平均値 $\pm$ SE (n=14)

*基準値：エスアール社

RBC：赤血球；HGB：ヘモグロビン；HCT：ヘマトクリット；MCV：平均赤血球容積；MCH：平均血球色素量；MCHC：平均血球色素濃度；FRN：血清フェリチン；TP：総タンパク；Alb：アルブミン；T-Cho：総コレステロール；TG：トリグリセリド；Glu：グルコース

^{abc} 反復測定による分散分析後、有意差が見られたものについてTukeyの多重比較を行った。異なるアルファベットを持つ平均値に有意差有り。

った。しかし、HGB：10.4 (g/dl) とHCT：34.3 (%) は、介入後にやや増加し、7月になると、HGB：12.3、HCT：40.0となり、改善が見られた。この時のA選手の、エネルギー、タンパク質、鉄の摂取量は介入により増加し、また体重も増加していた。一方、B選手では、FRNはA選手よりもやや高め (10.7ng/ml)であったが、介入後の5月には減少し3.6となった。HGBとHCTは、介入前の7月はそれぞれ13.6 (g/

dl)、40.9 (%)であったが、FRNが急激に減少した時期にいずれも急激に減少し、HGB：8.4、HCT：28.4となった。エネルギー、タンパク質、鉄の摂取量は介入後に増加し、体重・BMIもやや増加したにもかかわらず、血液検査値は改善されなかった。

また、FRNとBMIとの関連では、FRN<39.4の選手13人のうち、BMI<22の選手は11人 (85%)であり、BMI<22の選手12人のうちFRN<39.4の選手は11人

表4 血液検査値・BMIが低値を示した選手の人数

	基準値*	2011年		2012年	
		介入前	12月	介入後	7月
		7月		5月	
RBC ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	< 427	0	0	0	0
HGB (g/dl)	< 13.5	1	1	2	2
HCT (%)	< 39.8	1	1	1	1
FRN (ng/ml)	< 39.4	13	9	9	8
BMI (kg/m^2)	< 22	12	8	9	7

(n=14)

*基準値：エスアール社

RBC：赤血球；HGB：ヘモグロビン；HCT：ヘマトクリット；FRN：血清フェリチン

表5 FRNが異常低値を示した選手の身体計測値とエネルギー・栄養素摂取量および血液検査値

	A				B*			
	2011年		2012年		2011年		2012年	
	介入前		介入後		介入前		介入後	
	7月	12月	5月	7月	7月	12月	5月	7月
身体計測値								
体重 (kg)	59.7	63.4	62.6	63.3	59.3	61.0	63.7	64.5
BMI (kg/m ²)	20.5	21.8	20.0	20.2	20.2	20.7	21.3	21.6
エネルギー・栄養素摂取量								
エネルギー (kcal)	3,146	3,406	3,890	3,233	3,545	3,450	4,110	3,898
タンパク質 (g)	90.4	108.5	136.2	97.9	105.7	108.7	120.4	116.5
鉄 (mg)	7.1	10.4	13.0	10.1	8.3	10.5	12.6	15.9
血液検査値								
RBC (×10 ⁴ /μl)	431	497	486	479	492	491	449	454
HGB (g/dl)	10.4	10.6	12.3	12.3	13.6	13.6	8.4	8.0
HCT (%)	34.3	36.6	40.0	40.0	40.9	40.8	28.4	27.4
FRN (ng/ml)	2.5	2.8	3.9	4.2	10.7	10.3	3.6	3.6

*ピッチャー

(92%)であった。

生化学検査は、TP、Alb、T-Cho、TG、Gluは、介入前すべて基準値の範囲内であった。TPは、介入後5月に有意に減少したが、減少率は小さく、また大きな変化ではなかった(表3)。Albは、介入後の12月から7月に有意に減少したが、減少率は小さく大きな変化ではなかった。T-Choは、介入後の12月、5月には変化はなかったが、7月に有意に減少した。TGは、介入後増加し、5月には有意であった。T-ChoもTGも介入後に多少の増減はあったが、ほぼ基準値の範囲内の変化であり、大きな変化ではなかった。

4. 栄養学的介入による効果(表1、表2)

介入前の体格および栄養状態について評価し、結果に基づいて栄養教育・指導を行った。

栄養介入①・②により、対象者のエネルギー・タンパク質・炭水化物は有意に増加し、対象者の体重・BMIは増加した。また、カルシウムや鉄の摂取量も有意に増加し、介入による効果が見られた。しかし、依然としてBMI 22未満や、貧血傾向の選手が存在していたので、介入③・④では体格向上のためのエネルギー摂取や、鉄についての栄養指導を行った。その結果、エネルギー・タンパク質・炭水化物・鉄の摂取はさらに増加し、体重も増加した。また、FRN値も介入前に比べて有意な増加を示し、介入による効果が見られた。介入⑤・⑥では、貧血の改善や夏季の体重低下を招かないような栄養指導を行った。その結果、介入後の夏季ではエネルギー・栄養素摂取量の大きな減少や体格の低下は起こらなかった。したがって、介入によ

り夏季のエネルギー摂取の減少や体格の低下は起こらなかった。また、体格向上については介入により体重やBMIは増加し、目標値22に近づいたが、22を超えることはなかった。

IV. 考 察

高校野球選手にとって夏季は、全国大会出場に向けて練習が行われる重要な時期であるが、夏季にはエネルギー摂取量が減少し、体格が低下する²⁵⁾。そこで、高校野球選手の体格の向上および夏季の食物摂取の減少や体格の低下を起こさないことを目的として介入を行った。

介入前の7月のエネルギー摂取量は約3,200kcalであり、日本体育協会が示す野球選手の目標エネルギー摂取量3,500~4,000kcal¹⁶⁻¹⁹⁾よりも低値であった。介入により、12月には有意に増加して、3,600kcalとなり、目標値の範囲内となった。また、介入後の夏季にはエネルギー摂取量は春季よりやや減少したものの、介入前の7月に比べると500kcalは増加し改善された。この時7月の体重減少は起こらなかったため夏季の栄養状態は介入により改善されたといつてよい。なお、体重あたりのタンパク質摂取量(Pro/kg体重/日)は、介入前は1.7/kg体重/日であったが、介入後は増加し2.0/kg体重/日またはそれに近い値となった。タンパク質が2.0/kg体重/日とは、運動性貧血を起こさないレベルの摂取量とされている³²⁾ので、介入後のタンパク質摂取は適切になったと考えられた。

エネルギーバランスについては総エネルギー消費量

の測定をしていないので調べることはできなかったが、介入後に体重やBMI、上腕周囲長は増加したことから、エネルギーバランスは少なくとも正を保っており、エネルギーは十分に摂取されていたと思われる。高校野球選手を対象とした先行研究では²¹⁾、栄養指導により選手の栄養状態が改善され、体格が向上することが報告されている。本研究でも同様に、介入は選手の栄養状態を改善し、体格を向上させた。

野球競技では選手の体格と競技力について、体重や除脂肪体重とバットスウィングスピードの間に有意な正の相関関係があることが報告されているので¹²⁾、体重を増加させることが素早いバッティングに繋がると期待される。実際には介入により、選手の体重は有意に増加し、7月にも増加したので競技力の向上が期待された。介入による競技力の向上については、対象者のうちレギュラーメンバーの数は増加したことから少なくとも競技力の向上はあったといえる。

夏季には多くの選手でエネルギー摂取量の減少が起こることが示されているが²⁵⁾、栄養学的介入によりこうした減少は起こらなかった。先行研究では、夏季に食事が摂れない場合の対応として、エネルギー脂肪(F)比率30%程度を一時的に摂ることを提案してきた²⁵⁾。実際の介入では、そうした脂質摂取を増やすよう指導したわけではないが、選手たちに7月に欠食しない、回数をふやして食べる、そうめんなどの麺類を食べる時もタンパク質を摂るように指導していたことが、エネルギー構成比率ではF比率約30%に増加することになった。このことが7月のエネルギー摂取の大きな減少に至らなかった要因かもしれないが、それも管理栄養士による定期的な栄養教育・指導という介入があったからであり、スポーツ栄養の現場で管理栄養士が果たす役割は大きい。なお、介入後のF比率は約30%と高くなったが、日本人の食事摂取基準³³⁾の目標量の上限值(30%)であり、また、日本体育協会が示す運動選手のPFC比率の範囲内(F比率:25~30%)³⁴⁾でもあり、選手の健康に悪影響を及ぼすものではない。

選手の栄養状態は介入により全体的に見ると改善し、体格も向上した。しかし、栄養状態を個人別で見ると、介入前の体格ではBMI<22の選手は12人であった。介入により、エネルギー摂取が増加するとBMIも増加し、介入後の7月には22未満の選手は7人に減少した。また、血液検査では潜在性鉄欠乏性貧血の指標であるFRN<39.4ng/ml(基準値)の選手は13人であった。エネルギー摂取の増加は、その他の栄養素の摂取量も増加するので²⁾、鉄の摂取量も増加し、FRN<39.4ng/mlの低値を示した13人中12人(92%)の選手で増加した。そのうち5人は基準値以上の改善が見られ、介入後の7月にはFRN低値を示した選手は8人(57%)となった。成長期における貧血は、組織重量

の増加における血漿量の増加も要因の一つと考えられるが、本研究の対象者の体重が増加しても対象者の血液性状は、RBC、HGB、HCTは介入前後で大きな減少はなかった。また、FRNは介入後に増加していたことから、こうした血液の希釈による影響は少ないものと考ええる。

介入後もFRNの改善が見られない選手が2人(A・B)いた。彼らは、鉄欠乏性貧血の診断基準であるFRN<12ng/mlの低値を示し、また、いずれもHGB<13.5g/dlであった。介入後エネルギー・栄養素摂取量は増加したが、FRNは改善されなかった。特にB選手では、BMIは介入後に増加したにもかかわらず、FRNはさらに低値となった。このことについてはB選手のポジションが投手であったことが影響しているかもしれない。なぜなら投手は他のポジションに比べて活動量が多いので^{36,37)}、エネルギー消費は高く、また発汗量の増加による汗中への鉄の損失も多くなるからである³⁸⁾。また、先行研究でも投手でBMIが低値の場合、FRNは低値を示すことが報告されている³⁵⁾。したがって、投手はエネルギー不足や貧血が起こりやすいポジションと言えよう。なお、B選手のFRNやHGBが悪化したのは、丁度、正選手になった時期とも重なり、投手としての活動量の増加やストレスなどが原因かもしれない。いずれにしても、FRNが異常低値(2~4ng/ml)を示した選手では、介入による改善は見られず、介入の効果には限界があると思われる。したがって極端なFRN低値の選手には医学的な診断や治療が必要であろう。

なお、貧血と体格の関係については、明確な根拠があるわけではないが、BMIが低いとFRNが低いことが経験されており³⁵⁾貧血の予防には、適切な栄養摂取と体格の向上が重要と思われる。本研究でも、BMI<22の選手12人のうちFRN<39.4の選手は11人であり、また、FRN<39.4の選手13人のうち、BMI<22の選手は11人であった。したがって、大体においてBMIが低いとFRNは低く、FRNが低いとBMIが低い傾向があった。

以上より、高校野球選手の夏季の栄養状態の改善と体格の低下を防ぐことを目的として栄養介入を行った結果、エネルギー・栄養素摂取量は増加し、体重やBMIなど体格も維持・向上され、介入の効果が見られた。また、FRNが増加するなど、血液検査値にも改善が見られた。したがって、高校野球選手への栄養介入は、選手の栄養状態を改善し、体格を向上させるだけでなく、貧血の予防にも繋がることが期待された。

V. 結 論

高校野球選手の栄養状態や体格の向上を目的として、特に食物摂取が減少する夏季を中心にエネルギ

ー・栄養素摂取量や身体計測、血液検査を行い、個人および集団の栄養教育・指導による介入効果を調べた。その結果、介入により、選手のエネルギー・栄養素摂取量が増加し、体重やBMIが増加するなど体格の向上が見られた。また、血液検査では、潜在性鉄欠乏性貧血の指標である血清フェリチン値が増加するなど、血液検査値にも効果が見られた。また、夏季（7月）のエネルギー摂取量の減少も抑制され、体格も向上した。したがって、栄養学的介入は、高校野球選手の夏季のエネルギー摂取量や体格の維持・向上、さらには貧血予防に有効であることがわかった。

謝 辞

本調査を実施するにあたり、多大なるご協力をいただきました硬式野球部の選手の皆様、ご家族の皆様にご心より感謝申し上げます。また、長期間の調査に際し、ご理解とご支援をいただきました野球部監督、部長・副部長の先生方に深謝いたします。

利益相反

本短報において、利益相反は存在しない。

文 献

- 1) Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E., et al.: Diet, muscle glycogen and physical performance, *Acta. Physiol. Scand.*, 71, 140-150 (1967)
- 2) Wootton S.: Nutrition for Sports／小林修平監訳、スポーツ指導者のためのスポーツ栄養学, p.79 (2005) 南江堂、東京
- 3) Wintrobe, M.M., Lee, G.R., Boggs, D.R., et al.: Production of erythrocytes, *Clinical Hematology* (ed. VII), (ed. MM Wintrobe), pp.135-194 (1974) Igaku Shoin Ltd., Tokyo
- 4) Ghitis J., Piazuolo E., Vitale J.J.: Cali-Harvard nutrition project III. The erythroid atrophy of severe protein deficiency in monkeys, *Am. J. Clin. Nutr.*, 12, 452-454 (1963)
- 5) 宮本徳子, 今村裕行, 益田玲香, 他: 高校女子新体操選手における鉄, 水溶性ビタミン摂取量と血中貧血検査項目, ビタミンについて, *栄養学雑誌*, 63(5), 285-290 (2005)
- 6) 長嶺晋吉: 女子選手と貧血, *臨床スポーツ医学*, 2(6), 674-678 (1985)
- 7) 須藤善雅, 長利伸一, 小友勇人, 他: 中学生の運動部活動と潜在性鉄欠乏—そのハイリスクグループについて—, *小児保健研究*, 49(6), 639-645 (1990)
- 8) 今川重彦, 堀江正樹: 貧血, *臨床スポーツ医学*, 25, 377-382 (2008)
- 9) 河原貴: スポーツと貧血, *日本医師会雑誌*, 106(7), 1086-1088 (1991)
- 10) 厚生労働省: 平成23年国民健康・栄養調査報告, p.59 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyoudl/h23-houkoku-04.pdf> (平成25年3月)
- 11) 平野裕一: 野球選手の体力的特性, *Japanese Journal of Sports Sciences*, 6(11), 712-719 (1987)
- 12) 笠原政志, 山本利春, 岩井美樹, 他: 大学野球選手のバットスイングスピードに影響を及ぼす因子, *日本ストレングス&コンディショニング協会機関誌*, 19(6), 14-18 (2012)
- 13) 日本高等学校野球連盟・朝日新聞社: 第95回全国高等学校野球連盟選手権記念大会高校野球実態調査(2013)
- 14) 引原有輝, 齊藤慎一, 吉武裕: 高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討, *体力科学*, 54, 363-372 (2005)
- 15) 東野政貴, Rafamantanantsoa, H.H., 海老根直之, 他: 通常勤務体制下の消防官の二重標識水法による総エネルギー消費量測定, *体力科学*, 52, 265-274 (2003)
- 16) 小林修平, 樋口満編, 他: アスリートのための栄養・食事ガイド, p.92 (2006) 第一出版、東京
- 17) (財)日本オリンピック委員会選手強化本部医・科学情報専門委員会: 第26回オリンピック競技大会(1996/アトランタ)日本代表選手体力測定報告書/(財)日本オリンピック委員会編 (1996)
- 18) Sugiura, K., Suzuki, I., Kobayashi, K.: Nutritional intake of elite Japanese track-and-field athletes, *Int. J. Sport Nutr.*, 9, 202-212 (1999)
- 19) (財)日本体育協会スポーツ医科学専門委員会: スポーツ選手に対する最新の栄養・食事ガイドライン策定に関する研究, 平成9～11年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 (1997-1999)
- 20) 松枝秀二, 小野章史, 内田郷子, 他: 高校野球部員における栄養素摂取に関する考察, *川崎医療福祉学会誌*, 2(1), 253-257 (1992)
- 21) 海老久美子, 中尾芙美子, 上村香久子, 他: 高校1年生野球部員の身体組成に及ぼす栄養指導の効果, *栄養学雑誌*, 64(1), 13-20 (2006)
- 22) 横山友里, 山田美恵子, 木皿久美子, 他: オフ期の栄養教育が減量期の女子新体操選手の食事改善に及ぼす影響, *栄養学雑誌*, 71(1), 29-36 (2013)
- 23) Johnson, R.K., Kark, R.M.: Environment and food intake in man, *Science*, 105, 378-379 (1947)
- 24) 中山昭雄編: 温熱生理学, pp.497-498 (1987) 理工学社、東京
- 25) 海崎彩: 高校野球選手における夏季暑熱環境下の食物摂取の減少が体格に及ぼす影響とエネルギー代謝との関連, *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 77(2), 127-142 (2014)
- 26) 高橋啓子, 吉村幸雄, 開元多恵, 他: 栄養素および食品群別摂取量推定のための食品群をベースとした食物摂取頻度調査票の作成および妥当性, *栄養学雑誌*, 59(5), 221-232 (2001)

- 27) 永井雅人, 小宮秀明, 松浦憲一, 他: 疾病の有病数から見た理想的なBMIの検討, 肥満研究, 13(3), 256-261 (2007)
- 28) Tokunaga K, Matsuzawa Y, Kotani K, et al.: Ideal body weight estimated from the body mass index with the lowest morbidity, *Int. J. Obes.*, 15, 1-5 (1991)
- 29) 週刊朝日増刊号 甲子園2011 第93回全国高校野球選手権大会 (2011) 朝日新聞出版, 東京
- 30) 海崎彩, 小笠有加, 田中紀子: 夏季の食物摂取低下を誘因する食事区分とエネルギー構成比について, 神戸女子大学紀要, 43, 16-20 (2010)
- 31) Ivy J.L., Katz A.L., Cutler C.L., et al.: Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion, *J. Appl. Physiol.*, 64(4), 1480-1485 (1988)
- 32) Yoshimura H.: Anemia during physical training (sports anemia), *Nutr. Rev.*, 28, 251-253 (1970)
- 33) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準 (2010年版), 付録XLVI-XLVX, 第一出版, 東京
- 34) 小林修平, 樋口満, 岡村浩嗣, 他: アスリートのための栄養・食事ガイド, (小林修平, 樋口満), p.19(2012) 第一出版, 東京
- 35) 吉野昌恵, 田中紀子, 高橋歩, 他: 高校野球選手の体格と血液性状の関連, 食生活研究, 33(5), 330-338, (2013)
- 36) 山岡誠一, 井上五郎: 野球試合時のエネルギー代謝, 体力科学, 2, 30-35 (1950)
- 37) 山岡誠一: 野球試合のエネルギー代謝(2) (スポーツのエネルギー代謝に関する研究第2報), 体力科学, 2(3): 169-173 (1952)
- 38) Lamanca, J.J., Haymes, E.M., Daly, J.A., et al.: Sweat iron loss of male and female runners during exercise, *Int. J. Sports Med.*, 9(1), 52-55 (1988)

(受付日: 2014年2月14日)
(採択日: 2014年11月18日)

Brief Report

Improvement in decreased nutritional and physical status of high school baseball players during a hot summer season by nutritional intervention

Aya Kaizaki^{*1,*2}, Noriko Tanaka^{*1}

^{*1}Graduate School of Life Science, Kobe Women's University

^{*2}Ritsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University (at present)

ABSTRACT

【Objectives】

Proper nutrition is important not only for improving competitiveness but also for continuing health and development in young athletes. In this study we investigated the effect of nutritional education and guidance to improve decreased nutritional status and physique during a hot summer season.

【Methods】

Fourteen males in a high school baseball team participated in the study. A survey of energy and nutrient intake, physical measurements including body weight (BW), mid-arm circumference (MAC) and calf circumference (CC), and blood tests including red blood cell count (RBCC), hemoglobin (HGB), hematocrit (HCT), and ferritin (FRN) were carried out before (July 2011) and after (December 2011 and May and July 2012) nutritional intervention. Nutritional education and guidance was used so that the players could achieve the goal of an appropriate body mass index (BMI) and to gain BW in the off-season so that it was maintained during the hot summer season.

【Results】

The energy and nutrient intakes were increased significantly by nutritional intervention and as a result the physique of the players improved. The BW, BMI, and MAC of the players did not decrease but rather increased even during the hot summer following nutritional intervention. Of the players, 98% had a normal RBC, HGB, and HCT, but a low ferritin, while 50% had a low FRN level that was improved by nutritional intervention. However, the intervention did not cause improvement in cases with abnormally low FRN levels.

【Conclusion】

Successive nutritional intervention resulted in a significant increase in energy and nutrient intake even in the hot summer season. The physique of the players was improved significantly by the intervention that was also expected to lead to prevention of anemia.

Keyword: high school baseball players, nutritional intervention, summer season, BMI, ferritin