

原 著

高等学校男子サッカー部員のヘモグロビン濃度と 栄養素等摂取量

四元晴輝*¹ 片岡香菜子*² 田辺宏美*³ 瀧彩華*⁴
梶井里恵*⁵ 小野章史*⁶ 松枝秀二*⁷

要 約

本研究では、高等学校男子サッカー部員に対して継続的に行ってきた介入研究を再分析した結果とHb推定値の変動との関係から、貧血状態の予防及び改善に対する栄養サポートを検討した。対象者はH県立K高校の男子サッカー部員13名とした。介入期間は対象者が高校1年次から高校3年次までとし、毎年春期にHb推定値測定、食事調査、身体組成測定及び生活時間調査を行った。また、1年次と2年次は秋期にも同様の測定を行った。食事指導は集団での講義形式で行った。対象者のHb推定値は身長伸びが最も大きく、部活動実施時間が長かった1年秋期にWHO基準を下回った。また、1年秋期の栄養素等摂取状況は1年春期よりも良好であった。2年春期のHb推定値は1年秋期よりも有意に上昇 ($p < 0.05$) し、この時期以降は高い値を維持していた。一方で、2年秋期のHb推定値が基準値未満であった者は2年春期よりも多かった。また、2年秋期の栄養素等摂取状況は2年春期よりも不良であった。これらのことから、管理栄養士は対象者が高校1年次の時から食事を含めた生活習慣への介入を継続的に行う必要があることが示唆された。さらに、高校の夏季休業中においてはより積極的な介入が必要であることも考えられた。

1. 緒言

スポーツ選手のパフォーマンス向上には、ただ単にトレーニングのみに頼るだけでなく、管理栄養士による栄養サポートが必須になってきており、競技力向上や健康の維持・増進を目的としている者に対してより効果的な栄養管理を実施するためのシステムとして「スポーツ栄養マネジメント」が構築された¹⁾。スポーツ栄養マネジメントの目的はリスクマネジメント、健康の維持と疾病の予防、体力・競技力向上など多岐に亘り、貧血状態の予防及び改善はリスクマネジメントに分類される¹⁾。競技スポーツでは長距離ランナー²⁾や女性アスリート³⁾において貧血状態の発生頻度が多いことが示唆されているが、球技

系のスポーツにおいても運動強度が高く、練習時間が長いほど貧血状態になりやすいといわれている⁴⁾。サッカーは1試合(90分)の間に長い距離を移動するための有酸素性能力とダッシュ、ターン、ジャンプなどの無酸素性能力の双方が要求される⁵⁾。競技中の平均心拍数は競技レベルやポジションによって差はあるものの、155~180拍/分の範囲^{6,9)}であり、循環血液量及び発汗量の増加に伴って鉄需要が増大することから、貧血状態の発生頻度が多くなると思われる。また、成長期では急激な身体発育も伴って鉄需要が増大する¹⁰⁾。平成28年国民健康・栄養調査¹¹⁾によると、15~19歳男性の鉄摂取量は日本人の食事摂取基準2015年版¹²⁾における推定平均必要量を下回っ

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 臨床栄養学専攻

*3 一般財団法人淳風会 淳風会健康管理センター

*4 医療法人社団朋和会 健康開発センターウィル

*5 ごはんと運動ラボ

*6 川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床栄養学科

*7 川崎医療福祉大学 名誉教授

(連絡先) 四元晴輝 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : h6g5hk42bk@yahoo.co.jp

ており、実際の食生活は彼ら自身が栄養に興味や関心を示さない場合や関心はあってもそれを実生活に生かすような環境ではない場合が多く、必ずしも良好とはいえない^{13,14)}。これらのことから、高等学校男子サッカー部員に対して貧血状態の予防及び改善を目的とした栄養サポートが必要であると考えられる。成長期の者が対象となる場合、採血による貧血状態の検査実施は本人及び保護者の同意や倫理上の問題などから困難を極める¹⁵⁾。一方で、近年では貧血状態の判定基準である血中ヘモグロビン濃度（以下、Hb 値）を近赤外線分光画像計測法に基づいた機器によって非侵襲的に測定することが可能であり（以下、Hb 推定値）、ある一時点における高等学校男子サッカー部員の Hb 推定値は宮原ら¹⁶⁾によって明らかにされている。しかしながら、3年間という限られた高校生年代において、Hb 推定値がどのような変動を示すのかは未だ明らかにされていない。

四元ら¹⁷⁾は高等学校男子サッカー部員に対して継続的に介入研究を行っており、これまでに入学時より3年間、サッカー部に所属した者の栄養素等摂取量や身体組成及び体力の経年変化を報告した。今回はこれを再分析した結果と Hb 推定値の変動との関係から、高等学校男子サッカー部員に対する貧血状態の予防及び改善に対する栄養サポートを検討した。

2. 対象と方法

2.1 対象者

対象者はH県立K高校のサッカー部に入学時より3年間所属した男子生徒17名¹⁷⁾のうち、毎年春期と秋期にすべての調査及び測定が実施できた13名とした。本研究の対象者はK高校サッカー部が県大会で優勝した際の中心選手であり、全国大会にも出場した。

介入研究を開始するにあたって、学校長、部活動顧問の教諭、対象者本人及び保護者に対して目的、方法、安全性などを口頭と書面にて説明の後、研究に参加する同意を書面にて得た（川崎医療福祉大学設置倫理委員会 承認番号15-006）。

2.2 介入プロトコル

介入研究の実施期間は対象者が高校1年次から高校3年次までとした。介入としては、毎年春期（5月頃）に Hb 推定値測定、食事調査、身体組成測定及び生活時間調査を行い、これらの結果のフィードバックとして集団食事指導を行った。また、2015年及び2016年は秋期（2015年は10月頃、2016年は9月頃）にも同様の調査及び測定を行った。集団食事指導の実施方法や詳細な内容に関しては四元らの報告¹⁷⁾と同様であるため、本稿では省略する。

2.3 調査及び測定

2.3.1 Hb 推定値測定

Hb 推定値は健康モニタリング装置 ASTRIM FIT（シスメックス社）を用いて測定した（図1）。本機器は採血を必要としない近赤外線分光画像計測法に基づいており、1人あたり約1分での短時間測定が可能であるため、測定に対する痛みやストレスを感じることはない。最近ではスポーツ現場における栄養サポートの際に広く用いられている¹⁸⁾。



図1 ASTRIM FIT を用いた Hb 推定値の測定
対象者の左手中指骨を機器に挿入して測定を行った。

2.3.2 食事調査

食事調査は四元らの報告¹⁷⁾と同様、写真法と記録法を用いて休日を含む連続3日間行った。栄養価計算はエクセル栄養君 Ver.6.0（建帛社）を用いて1日あたりの栄養素等摂取量（エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、カルシウム、鉄、亜鉛、銅、ビタミン B₆、ビタミン B₁₂、葉酸及びビタミン C）を算出した。

2.3.3 身体組成測定

身体組成は四元らの報告¹⁷⁾と同様、身長はK高校で定期的に行われた身体計測の値、体重は測定日当日に体重計型体組成計（オムロン社）を用いて測定した値、体脂肪量、体脂肪率及び除脂肪量などは生体電気インピーダンス法に基づいた Physion MD（フィジョン社）を用いて測定及び算出した値とした。

2.3.4 生活時間調査

生活時間調査は総務省統計局の調査用紙¹⁹⁾を参考に作成した調査用紙を用いて、各測定時期のうちの1週間、1日における睡眠、食事、通学、家庭学習及び部活動に要した時間を対象者の自己記録をもとに把握した。また、起床及び就寝時刻も同様の方法で把握した。

2.4 統計処理

調査及び測定値は平均±標準偏差で示した。な

お、たんぱく質、脂質及び炭水化物摂取量は中央値も算出した。統計処理には統計解析用ソフト SPSS Ver.22.0 (日本アイ・ビー・エム株式会社) を用いた。調査及び測定値と測定時期において、一元配置の分散分析を行ったのち、測定時期による差を Tukey の HSD 法により検定した。有意水準はすべてにおいて5% 未満とした。

3. 結果

3.1 Hb 推定値

Hb 推定値の変動と基準値以上及び基準値未満の人数を表1に示した。なお、基準値は WHO 基準 (男性13.0g/dl)²⁰⁾ を用いた。1年春期においては、13.1 ± 1.6g/dl、基準値以上は10人 (77%)、基準値未満は3人 (23%) であった。1年秋期においては、12.1 ± 2.0g/dl で WHO 基準を下回った。また、基準値以上は6人 (46%)、基準値未満は7人 (54%) であった。2年春期においては、14.2 ± 1.1g/dl に上昇し、1年秋期よりも有意に高値を示した (p < 0.05)。また、基準値以上は11人 (85%)、基準値未満は2人 (15%) であった。2年秋期においては、13.6 ± 1.9g/dl、基準値以上は9人 (69%)、基準値未満は4人 (31%) であった。3年春期においては、14.2 ± 1.0g/dl に上昇し、1年秋期よりも有意に高値を示した (p < 0.05)。また、基準値以上は10人 (92%)、基準値未満は1人 (8%) であった。

3.2 栄養素等摂取量

3.2.1 栄養素等摂取量の変化

Hb 推定値の変動と栄養素等摂取量の変化を図2に示した。1年春期の栄養素等摂取量は、エネルギー摂取量2980 ± 437kcal/日、たんぱく質摂取量114.2 ± 21.6g/日 (中央値106.6g/日)、脂質摂取量95.6 ± 19.6g/日 (中央値91.8g/日)、炭水化物摂取量397.9 ± 73.6g/日 (中央値377.9g/日)、カルシウム摂取量632 ± 322mg/日、鉄摂取量10.7 ± 3.1mg/日、亜鉛摂取量13.6 ± 3.2mg/日、銅摂取量1.5 ± 0.3mg/日、

ビタミン B₆ 摂取量1.9 ± 0.4mg/日、ビタミン B₁₂ 摂取量9.0 ± 4.2µg/日、葉酸摂取量320 ± 110µg/日、ビタミン C 摂取量88 ± 60mg/日であった。1年秋期においては、エネルギー摂取量3351 ± 543kcal/日、たんぱく質摂取量127.5 ± 24.6g/日 (中央値128.6g/日)、脂質摂取量107.5 ± 24.4g/日 (中央値92.5g/日)、炭水化物摂取量449.5 ± 99.5g/日 (中央値456.8g/日)、カルシウム摂取量746 ± 304mg/日、鉄摂取量10.4 ± 2.0mg/日、亜鉛摂取量15.5 ± 2.2mg/日、銅摂取量1.8 ± 0.3mg/日、ビタミン B₆ 摂取量2.1 ± 0.7mg/日、ビタミン B₁₂ 摂取量13.0 ± 6.3µg/日、葉酸摂取量361 ± 163µg/日、ビタミン C 摂取量104 ± 58mg/日であった。2年春期においては、エネルギー摂取量3259 ± 444kcal/日、たんぱく質摂取量119.2 ± 20.3g/日 (中央値117.1g/日)、脂質摂取量97.7 ± 17.6g/日 (中央値92.5g/日)、炭水化物摂取量457.8 ± 81.1g/日 (中央値471.5g/日)、カルシウム摂取量780 ± 391mg/日、鉄摂取量10.0 ± 2.0mg/日、亜鉛摂取量15.0 ± 3.1mg/日、銅摂取量1.8 ± 0.4mg/日、ビタミン B₆ 摂取量1.7 ± 0.4mg/日、ビタミン B₁₂ 摂取量9.6 ± 5.5µg/日、葉酸摂取量358 ± 85µg/日、ビタミン C 摂取量105 ± 36mg/日であった。2年秋期においては、エネルギー摂取量3222 ± 502kcal/日、たんぱく質摂取量111.9 ± 17.5g/日 (中央値109.5g/日)、脂質摂取量95.6 ± 18.6g/日 (中央値92.0g/日)、炭水化物摂取量458.9 ± 94.3g/日 (中央値471.5g/日)、カルシウム摂取量551 ± 156mg/日、鉄摂取量9.4 ± 2.1mg/日、亜鉛摂取量13.6 ± 2.6mg/日、銅摂取量1.7 ± 0.4mg/日、ビタミン B₆ 摂取量1.8 ± 0.5mg/日、ビタミン B₁₂ 摂取量8.6 ± 3.7µg/日、葉酸摂取量326 ± 117µg/日、ビタミン C 摂取量121 ± 68mg/日であった。3年春期においては、エネルギー摂取量3278 ± 316kcal/日、たんぱく質摂取量123.1 ± 19.0g/日 (中央値124.6g/日)、脂質摂取量97.5 ± 21.5g/日 (中央値94.1g/日)、炭水化物摂取量は455.2 ± 41.3g/日 (中央値461.6g/日)、カルシウム摂取量766 ± 324mg/日、

表1 Hb 推定値と基準値以上及び基準値未満の人数

項目	(単位)	1年春	1年秋	2年春	2年秋	3年春
Hb推定値	(g/dl)	13.1 ± 1.6 ^{ab}	12.1 ± 2.0 ^a	14.2 ± 1.1 ^b	13.6 ± 1.9 ^{ab}	14.2 ± 1.0 ^b
基準値以上 ^{†1)}	(人)	10 [77%] ^{†2)}	6 [46%]	11 [85%]	9 [69%]	12 [92%]
基準値未満 ^{†1)}	(人)	3 [23%]	7 [54%]	2 [15%]	4 [31%]	1 [8%]

数値は平均±標準偏差で示した。

†1) Hb値 ≤ 13.0 g/dl を基準値以上、Hb値 > 13.0 g/dl を基準値未満とした。

†2) []内は基準値以上及び基準値未満の割合(%)を示した。

ab 異なる符号間において有意水準5%未満の差があった。

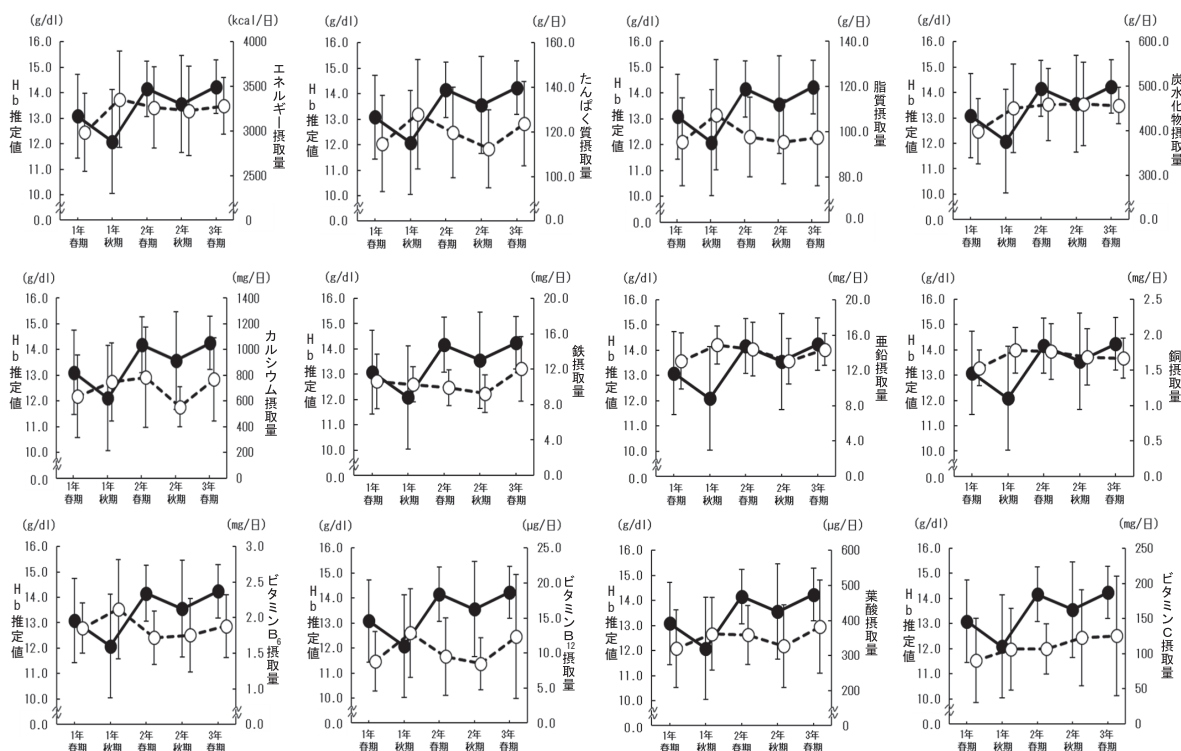


図2 Hb推定値の変動と栄養素等摂取量の変化

●はHb推定値, ○は栄養素等摂取量, エラーバーは標準偏差を示した.

鉄摂取量 12.1 ± 3.6 mg/日, 亜鉛摂取量 14.9 ± 1.8 mg/日, 銅摂取量 1.7 ± 0.3 mg/日, ビタミン B_6 摂取量 1.9 ± 0.4 mg/日, ビタミン B_{12} 摂取量 12.5 ± 8.8 μg/日, 葉酸摂取量 381 ± 33 μg/日, ビタミンC摂取量 123 ± 85 mg/日であった.

3.2.2 栄養素等摂取量の評価

Hb推定値変動と栄養素等摂取量の評価を図3に示した. なお, 栄養素等摂取量の評価は食事摂取基準2015年版¹²⁾を参考とし, エネルギー摂取量の評価には推定エネルギー必要量, カルシウム, 鉄, 亜鉛, 銅, ビタミン B_6 , ビタミン B_{12} , 葉酸及びビタミンC摂取量の評価には推定平均必要量を用いた. また, たんぱく質, 脂質及び炭水化物摂取量の評価には目標量を用いた. 1年春期においては, エネルギー摂取量が推定エネルギー必要量を満たしていない者の割合が62% (8人)であった. また, 脂質摂取量は目標量を上回っていたが, たんぱく質及び炭水化物摂取量は目標量を下回っていた. さらに, 推定平均必要量を満たしていない者の割合は, カルシウム摂取量で62% (8人), 鉄摂取量で23% (3名), 葉酸摂取量で15% (2人), ビタミンC摂取量で54% (7人)であった. なお, 亜鉛, 銅, ビタミン B_6 及びビタミン B_{12} 摂取量が推定平均必要量を下回る者はいなかった. 1年秋期においては, エネルギー摂取量が

推定エネルギー必要量を満たしていない者の割合が31% (4人)であった. また, 脂質及び炭水化物摂取量は目標量を上回っており, たんぱく質摂取量は目標量に近い値であった. さらに, 推定平均必要量を満たしていない者の割合は, カルシウム摂取量で46% (6人), 鉄摂取量で15% (2名), 葉酸摂取量で8% (1人), ビタミンC摂取量で46% (6人)であった. なお, 亜鉛, 銅, ビタミン B_6 及びビタミン B_{12} 摂取量が推定平均必要量を下回る者はいなかった. 2年春期においては, エネルギー摂取量が推定エネルギー必要量を満たしていない者の割合が46% (6人)であった. また, 脂質及び炭水化物摂取量は目標量を上回っていたが, たんぱく質摂取量は目標量を下回っていた. さらに, 推定平均必要量を満たしていない者の割合は, カルシウム摂取量で38% (5人), 鉄摂取量で15% (2名), ビタミン B_6 摂取量で15% (2人), ビタミンC摂取量で38% (5人)であった. なお, 亜鉛, 銅, ビタミン B_{12} 及び葉酸摂取量が推定平均必要量を下回る者はいなかった. 2年秋期においては, エネルギー摂取量が推定エネルギー必要量を満たしていない者の割合が46% (6人)であった. また, 脂質及び炭水化物摂取量は目標量を上回っていたが, たんぱく質摂取量は中央値を下回っていた. さらに, 推定平均必要量を満たしていない者の

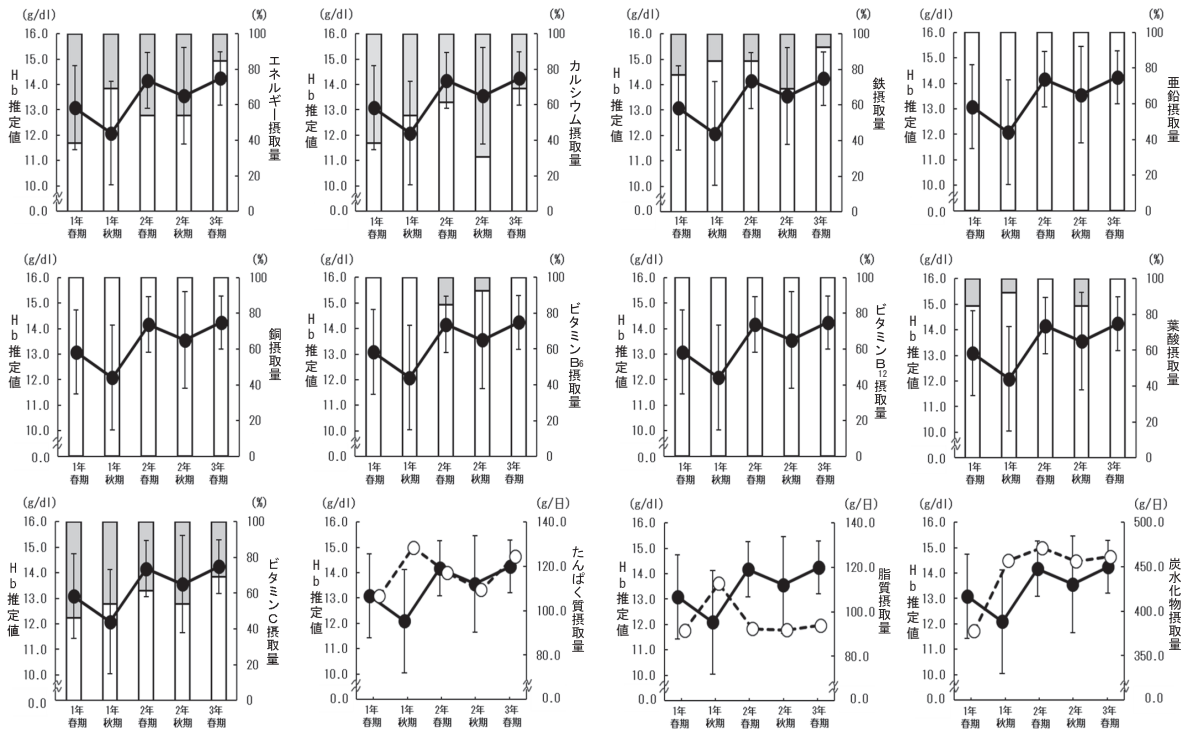


図3 Hb 推定値の変動と栄養素等摂取量の評価

- はHb推定値, ○はたんぱく質, 脂質及び炭水化物摂取量の中央値, エラーバーは標準偏差を示した.
- は推定エネルギー必要量又は推定平均必要量を満たした者の割合を示した.
- は推定エネルギー必要量又は推定平均必要量を満たしていない者の割合を示した.

割合は、カルシウム摂取量で69% (9人)、鉄摂取量で31% (4名)、ビタミンB₆摂取量で8% (1人)、葉酸摂取量で15% (2人)、ビタミンC摂取量で46% (6人)であった。なお、亜鉛、銅及びビタミンB₁₂摂取量が推定平均必要量を下回る者はいなかった。3年春期においては、エネルギー摂取量が推定エネルギー

必要量を満たしていない者の割合が15% (2人)であった。また、脂質及び炭水化物摂取量は目標量を上回っており、たんぱく質摂取量は目標量に近い値であった。さらに、推定平均必要量を満たしていない者の割合は、カルシウム摂取量で31% (4人)、鉄摂取量で8% (1名)、ビタミンC摂取量で31% (4

表2 身体組成の変化

項目	(単位)	1年春	1年秋	2年春	2年秋	3年春
身長	(cm)	167.5 ± 6.1	168.7 ± 6.1	169.1 ± 6.3	169.7 ± 6.3	169.8 ± 6.6
体重	(kg)	56.8 ± 4.8 ^a	57.5 ± 4.8 ^{ab}	60.4 ± 4.9 ^{ab}	61.4 ± 4.7 ^{ab}	62.2 ± 4.7 ^b
BMI	(kg/m ²)	20.2 ± 1.1 ^a	20.2 ± 0.9 ^a	21.1 ± 1.2 ^{ab}	21.3 ± 1.2 ^{ab}	21.6 ± 1.1 ^b
除脂肪量	(kg)	52.2 ± 3.1 ^a	52.8 ± 2.8 ^{ab}	54.5 ± 3.2 ^{ab}	54.8 ± 2.7 ^{ab}	56.0 ± 3.4 ^b
体脂肪量	(kg)	4.6 ± 2.8	4.7 ± 2.7	5.9 ± 2.8	6.6 ± 2.9	6.2 ± 2.7
体脂肪率	(%)	7.8 ± 4.3	7.9 ± 4.0	9.5 ± 4.0	10.6 ± 4.0	9.8 ± 3.8

数値は平均±標準偏差で示した。

ab 同一項目内の異なる符号間において有意水準5%未満の差があった。

表3 生活時間の変化

項目	(単位)	1年春	1年秋	2年春	2年秋	3年春
起床	(時:分)	5:26 ± 0:18	5:16 ± 0:26	5:42 ± 0:49	5:40 ± 0:44	6:01 ± 0:53
就寝	(時:分)	22:27 ± 0:48	22:18 ± 0:43	22:30 ± 0:47	22:22 ± 1:08	23:14 ± 0:42
睡眠	(時間/日)	7.0 ± 0.9	7.0 ± 1.0	7.2 ± 1.4	7.3 ± 1.5	6.8 ± 0.7
食事	(時間/日)	1.4 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.8 ± 0.5	1.5 ± 0.5	1.8 ± 0.6
通学	(時間/日)	2.2 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.8 ± 0.6	1.6 ± 0.6	1.8 ± 0.6
家庭学習	(時間/日)	0.7 ± 0.6 ^A	0.7 ± 0.7 ^A	1.0 ± 0.8 ^A	1.2 ± 1.0 ^A	2.9 ± 1.9 ^B
部活動	(時間/日)	2.9 ± 0.6 ^a	2.8 ± 0.4 ^a	2.7 ± 0.6 ^a	2.4 ± 0.5 ^{ab}	2.2 ± 0.5 ^b

数値は平均±標準偏差で示した。

AB 同一項目内の異なる符号間において有意水準1%未満の差があった。
ab 同一項目内の異なる符号間において有意水準5%未満の差があった。

人)であった。なお、亜鉛、銅、ビタミンB₆、ビタミンB₁₂及び葉酸摂取量が推定平均必要量を下回る者はいなかった。

3.3 身体組成

身体組成の変化を表2に示した。3年春期の体重及び除脂肪量は1年春期、BMIは1年春期及び1年秋期よりも有意に高値を示した($p < 0.05$)。また、Peak Height Velocity(身長最大発育速度、以下PHV)法²¹⁾による発育発達段階の確認のため、各測定時期での身長増加量を算出した。1年春期から1年秋期では 1.2 ± 0.6 cm、1年秋期から2年春期では 0.3 ± 0.6 cm、2年春期から2年秋期では 0.6 ± 0.5 cm、2年秋期から3年春期では 0.1 ± 0.9 cmであった。

3.4 生活時間

生活時間の変化を表3に示した。3年春期の家庭学習時間は他の時期よりも有意に高値を示した($p < 0.01$)。また、3年春期の部活動時間は1年春期、1年秋期、2年春期よりも有意に低値を示した($p < 0.05$)。対象者の生活時間を総務省統計局の調査結果²²⁾と比較すると、睡眠時間はすべての時期において高校生の値(7.6時間)よりも短かった。一方で、通学時間はすべての時期において高校生の値(1.0時間)よりも長かった。家庭学習時間は1年春期と1年秋期において高校生の値(0.8時間)とほぼ同じであったが、2年春期、2年秋期及び3年春期においては対象者の方が長かった。

4. 考察

Koehler et al.²³⁾は若年男性アスリートにおいて、鉄栄養状態の指標である血中フェリチン値が低値を示した者では体重1kgあたりのエネルギー消費量が要因として挙げられることを報告している。また、日田ら¹⁵⁾は男子高校生において、Hb推定値が低いことは身体活動レベルが高いことに関係しており、

運動部に所属することが貧血状態の発現に関わる可能性がある」と述べている。宮原ら¹⁶⁾によると、高等学校男子サッカー部員の中で、Hb推定値が東京都予防医学協会の暫定基準値(男性 $13.0 \sim 18.0$ g/dl)²⁴⁾を下回った者は31%であったと報告されている。本研究の対象者はK高校サッカー部が県大会で優勝した際の中心選手であり、全国大会にも出場したことから、身体活動レベルは高く、貧血状態に陥りやすい集団であると思われる。しかしながら、1年春期において、Hb推定値がWHO基準を下回った者は23%であり、宮原ら¹⁶⁾の報告よりも貧血状態であった者の割合が少なかった。貧血状態の予防及び改善のために必要な栄養素として、鉄、たんぱく質及びビタミンCが挙げられる²⁵⁾。本研究の対象者は宮原ら¹⁶⁾の報告と比較して、ビタミンC摂取量に差はなかったが、鉄及びたんぱく質摂取量が多かった(対象者の鉄摂取量 10.7 ± 3.1 mg/日、対象者のたんぱく質摂取量 114.2 ± 21.6 g/日、対象者のビタミンC摂取量 88 ± 60 mg/日、宮原ら鉄摂取量 8.1 ± 2.0 mg/日、宮原らたんぱく質摂取量 92.7 ± 18.5 g/日、宮原らビタミンC摂取量 81 ± 29 mg/日)。鉄欠乏によりヘモグロビンを構成するヘムの合成が抑制され、ヘモグロビン量が低下する。また、風見ら²⁶⁾は男子大学生の長距離競技者に対して栄養介入を行った際、Hb値が減少した者はたんぱく質摂取量が目標とした量を下回っていたことを報告している。これらのことから、1年春期における本研究の対象者は鉄及びたんぱく質摂取量が一般的な高等学校男子サッカー部員と比較して多かったため、この時期において貧血状態の者は少なかったのではないかと考えた。一方で、1年秋期のHb推定値はWHO基準を下回っており、対象者のうち過半数が基準値未満であった。身長が急激に伸びている時期においては貧血状態に陥るリスクが高くなるとされている¹⁸⁾。

また、発育発達段階を確認する方法としてPHV法²¹⁾があり、身長の間年増加量が最大になる時期はPeak Height Velocity Age (身長最大増加速度年齢、以下PHVA)期、身長の間年増加量が1cm未満になる時期はFinal Height Age (最終身長増加年齢、以下FHA)期といわれ、日本人男子におけるPHVA期は13歳、FHA期は16歳以降になると考えられている^{21,27-29)}。対象者の1年春期から1年秋期までの身長増加量は 1.2 ± 0.6 cmであり、PHVA期の最終段階であったことが考えられた。さらに、成長期に生じる貧血状態には部活動の実施状況や睡眠時間などの生活習慣も影響すると考えられている^{30,31)}。海老ら³²⁾によると、高校1年生の野球部員は入学後の慣れない練習での疲労が重なり、回復が思うようにならないような事態に至る例があると報告されている。K高校サッカー部では平日に早朝練習、土曜日及び日曜日は主に午前中に他校との練習試合や部内での紅白戦が行われ、1年次はこれらの開始時間よりも早く登校し、グラウンドや用具等の準備を行う義務がある。生活時間をみると、睡眠時間はすべての時期において一般的な高校生よりも短く、1年春期及び秋期の起床時刻は他の時期よりも早かった。また、通学時間はすべての時期において一般的な高校生よりも長かった。さらに、1年春期、1年秋期及び2年春期の部活動時間は3年春期よりも長かった。これらのことから、1年秋期におけるHb推定値の低下は、この時期までの身長の伸びが大きかったことと、トレーニングや部活動での役割及び早い起床時刻などによって生じるストレスが影響したのではないかと考えた。貧血状態はまず貯蔵鉄の減少に始まり、次いで血清鉄やヘモグロビンが減少し、貧血状態には至らないが鉄欠乏が潜む³³⁾。また、鉄欠乏は鉄摂取不足やエネルギー摂取不足の結果として現れ³⁴⁾、トレーニングへの適応やパフォーマンスの低下を招く³⁵⁾だけでなく、認知機能や学習意欲及び学力にも影響を及ぼす^{30,31)}。一方で、ヒトにおける赤血球の寿命は約120日であり、貯蔵鉄などの回復にはさらに期間を要するといわれている^{18,36)}。対象者において、2年春期のHb推定値は1年秋期よりも有意に上昇し、この時期以降は高い値を維持していた。本研究では、対象者に練習前後の補食として米飯などの穀類を食べることで、炭水化物から摂るエネルギー量を増やすことと、栄養素を食事から過不足なく摂取するために、多くの競技スポーツの間で推奨されている栄養フルコース型の食事を実践することなどを指導した¹⁷⁾。結果として栄養素等摂取量に有意な変化はみられなかったものの、1年秋期以降の炭水化物摂取量は食事摂取基準2015年版¹²⁾における目標

量を満たしていた。また、1年秋期において、たんぱく質摂取量は目標量に近い値であった。さらに、1年秋期において、エネルギー摂取量が推定エネルギー必要量を満たしていない者やカルシウム、鉄、葉酸及びビタミンC摂取量が推定平均必要量を満たしていない者の割合は1年春期よりも少なかった。これらのことから、2年春期におけるHb推定値の有意な上昇は1年秋期における栄養素等摂取状況が1年春期よりも良好であったことを反映したものと考えた。また、この結果に対して今回の介入研究における集団食事指導の効果があったことが考えられたと同時に、貧血の予防及び改善のためには、対象者が高校1年次の時から食事を含めた生活習慣への介入を管理栄養士が継続的に行う必要があることが示唆された。

日本サッカー協会スポーツ医学委員会³⁷⁾によると、サッカー日本代表選手ではシーズン中のHb値がシーズン開始時と比較して有意に低値であったと報告されており、これには試合やトレーニングなどによるストレスなどが影響していると考えられている。対象者のHb推定値を1年春期と1年秋期、2年春期と2年秋期で比較して有意な差はみられなかったが、それぞれの秋期においてHb推定値が基準値未満であった者が多かった。高校男子サッカー部員においては長期間に亘るリーグ戦や公式戦があり、1年間のほとんどが試合期に当てはまる³⁸⁾が、高校の夏季休業中は正課の授業がないため、部活動を行う頻度が多くなると思われる。K高校サッカー部では、夏季休業中は他校との練習試合や部内での紅白戦が多く実施されたり、県外遠征や合宿が行われたりすることから、拘束時間は正課の授業がある時期よりも多くなると思われる。これらのことから、秋期にHb推定値が基準値未満であった者が多かったことは、夏季休業中の部活動に伴って生じたストレスの蓄積が影響したのではないかと考えた。また、夏季暑熱環境下で食物摂取量が減少することはよく知られており³⁹⁾、高校野球部員⁴⁰⁾では約70%の者に食欲低下及びエネルギー摂取量の減少がみられたと報告されている。本研究では、2年秋期における調査及び測定を9月頃実施したため、この時期の栄養素等摂取量は夏季休業中の栄養素等摂取量を反映していると思われるが、有意な変化はみられなかった。しかしながら、この時期のたんぱく質摂取量は目標量を下回っており、カルシウム、鉄、葉酸及びビタミンC摂取量が推定平均必要量を満たしていない者の割合は2年春期よりも増加していた。これらのことから、高等学校男子サッカー部員における貧血の予防及び改善のためには、高校の夏季休業中

においても管理栄養士が食事を含めた生活習慣への介入をより積極的に行う必要があると考えた。鉄の体内への吸収率は獣肉・魚肉・鶏肉などの動物性食品に多く含まれるヘム鉄で高く、野菜・乳製品・鶏卵などの非ヘム鉄で低いが、非ヘム鉄はビタミンCによって吸収率が高まるため、貧血状態の予防及び改善には動物性食品・緑黄色野菜・柑橘類を十分に摂取することが重要であるとされている²⁵⁾。本研究では対象者に練習前後の補食として米飯などの穀類を食べるよう指導を行ったことから、補食で食べるおにぎりの具材として動物性食品を使った料理（牛挽肉のそぼろ、あさりの佃煮など）を用いたり、茹で卵、魚肉ソーセージなどの主菜及びほうれん草、ブロッコリー、ミニトマトなどの副菜、小分けのチーズ、カップヨーグルトなどの乳製品、オレンジ、グレープフルーツなど柑橘系の果物も摂ったりするように指導する必要があると考えた。また、対象者の

食事改善には保護者やチームスタッフの協力が必須であると思われる。保護者に対しては食品の価格や調理時間、保存方法などを考慮した情報提供を行い、チームスタッフに対しては部活動の実施時間内に対象者が食事を摂れる時間を設けることなどを提案すべきだと考えた。

5. 結論

今回の介入研究は高等学校男子サッカー部員の栄養素等摂取状況を良好にし、Hb推定値の上昇をもたらした。また、貧血状態の予防及び改善のためには、対象者が高校1年次の時から食事を含めた生活習慣への介入を管理栄養士が継続的に行う必要があることが示唆された。さらに、高校の夏季休業中においてはより積極的な介入が必要であることも考えられた。

謝 辞

本研究に快くご協力いただきましたH県立K高校サッカー部の部員と保護者の皆さま、顧問の内田仁先生、松本香二先生、コンディショニングコーチの小川裕介氏、その他チームスタッフの皆さまに心より御礼申し上げます。調査及び測定の実施にあたっては、川崎医療福祉大学医療技術学部臨床栄養学科松枝秀二研究室21期生、22期生、23期生、小野章史研究室24期生のご協力に感謝いたします。

文 献

- 1) 鈴木志保子：スポーツ栄養マネジメントの構築。栄養学雑誌, 70(5), 275-282, 2012.
- 2) 風見公子, 芦田欣也, 佐藤裕子, 新居利広, 風見昌利, 大崎栄, 小林修平：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.
- 3) 益田玲香, 今村裕行, 山下あす香, 宮原恵子, 野田友香, 濱田繁雄：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.
- 4) 宮城修, 須佐徹太郎, 北川薫：サッカー選手の試合中の生理学的特徴および動きの特徴. デザントスポーツ科学, 18(6), 231-238, 1997.
- 5) 久保田洋一, 青葉幸洋, 吉村雅文, 勝俣康之, 宮森隆行：サッカー選手の試合中の生理学的応答について一異なるレベルの試合における総移動距離・移動スピード変化に着目して一. 順天堂スポーツ健康科学研究, 14, 225-230, 2009.
- 6) 大森一伸, 中村好男, 村岡功：サッカー選手におけるインターバルフィールドテストの妥当性. 早稲田大学体育学研究紀要, 29, 21-27, 1997.
- 7) Ali A and Farrally M : Recording soccer players heart rates during matches. *Journal of Sports Science*, 9, 183-189, 1991.
- 8) Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, KJÆR M and Bangsbo J : Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1165-1174, 2006.
- 9) 吉村雅文, 内藤久士, 宮原祐徹, 青葉幸洋, 吉井秀邦：人工芝ピッチにおけるサッカーの試合が筋損傷に及ぼす影響. 順天堂スポーツ健康科学研究, 1, 414-420, 2010.
- 10) 加藤陽子：小児と思春期の貧血. 日本内科学会雑誌, 99, 1201-1206, 2010.
- 11) 厚生労働省：平成28年国民健康・栄養調査結果の概要.
http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/kekagaiyou_7.pdf, 2017. (2018. 12. 25確認)
- 12) 厚生労働省：日本人の食事摂取基準（2015年版）. 初版, 第一出版, 東京, 2014.

- 13) 田口素子, 餅見知子: スポーツ選手のエネルギーバランス. *体育の科学*, **49**(2), 140-146, 1999.
- 14) 鈴木政登, 坂木佳寿美, 松原茂, 三浦次郎, 塩田正俊, 飯島妙子, 町田勝彦, 井川幸雄: 高校生の夏季強化練習時の血液・尿成分の変動. *体力科学*, **39**, 231-242, 1990.
- 15) 日田安寿美, 山中朋実, 永田薫, 柏葉名菜, 村上ひかり, 横山友里, 砂見綾香, 吉崎貴大, 多田由紀, 手塚貴子, 吉沢博幸, 川野因: 男子高校生のヘモグロビン濃度にはBMIと身体活動レベルが関係している. *日本食育学会誌*, **7**(1), 33-40, 2013.
- 16) 宮原恵子, 野々村洋子, 今村裕行: 高校男子サッカー部員の栄養素等摂取状況および身体的特徴. *長崎国際大学論叢*, **10**, 203-208, 2010.
- 17) 四元晴輝, 片岡香菜子, 田辺宏美, 瀧彩華, 梶井里恵, 小野章史, 松枝秀二: 高等学校男子サッカー部員に対する継続的食事介入の効果. *川崎医療福祉学会誌*, **29**(1), 135-145, 2018.
- 18) 池田哲雄編著: よくわかるスポーツ貧血. 初版, ベースボールマガジン社, 東京, 2014.
- 19) 総務省統計局: 平成23年社会生活基本調査 調査票.
<http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/pdf/choa.pdf>, 2011. (2018.12.25確認)
- 20) WHO, UNICEF and UNU: Iron deficiency anemia: Assessment, prevention, and control: A guide for programme managers.
http://www.who.int/nutrition/publications/en/ida_assessment_prevention_control.pdf, 2001 (2018.12.25確認).
- 21) Malina RM, Boucahrd C (高石昌弘, 小林寛道監訳): 発育・成熟・運動. 初版, 大修館書店, 東京, 1994.
- 22) 総務省統計局: 平成28年社会生活基本調査 結果の概要.
<https://www.stat.go.jp/data/shakai/2016/pdf/gaiyou2.pdf>, 2016. (2018.12.25確認)
- 23) Koehler K, Braun H, Achtzehn S, Hildebrand U, Predel H-G, Mester J and Schänzer W: Iron status in elite young athletes: Gender-dependent influences of diet and exercise. *European Journal of Applied Physiology*, **112**, 513-523, 2012.
- 24) 前田美穂: 貧血検査の実施成績, 東京都予防医学協会年報2008年版, **37**, 49-52, 2008.
- 25) 坂本静男: 貧血. 黒田善雄, 中嶋寛之, 小林修平, 河野一郎, 山崎元, 福林徹, 川原貴, 村山正博編著, 臨床スポーツ医学臨時増刊号 スポーツ栄養・食事ガイド, 文光堂, 東京, 148-152, 2009.
- 26) 風見公子, 芦田欣也, 佐藤裕子, 新居利広, 風見昌利, 大崎栄, 小林 修平: 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.
- 27) Stratton G, Reilly T, Williams M and Richardson D: *Youth soccer: From science to performance*. Routledge, London, 2004.
- 28) Tanaka T, Suwa S, Yokota S and Hibi I: Analysis of linear growth during puberty. *Acta Paediatrica Scandinavica*, **347**, 25-9, 1988.
- 29) 江波戸智希, 広瀬統一: サッカーの選手養成と発育発達. 子どもと発育発達, **14**(4), 284-292, 2017.
- 30) 忽滑谷祐介, 小澤治夫, 寺尾保, 林田峻也, 岩田大輝, 上野優香里: 血中ヘモグロビン値の高い高校と低い高校の比較検討. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, **25**, 123-129, 2013.
- 31) 忽滑谷祐介, 小澤治夫, 林田峻也, 寺尾保, 岡崎勝博, 奥菌雄基, 野井真吾: 血中ヘモグロビン値の高い高校と低い高校の生活習慣との因果関係. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, **26**, 79-89, 2014.
- 32) 海老久美子, 中尾美美子, 上村香久子, 八木典子: 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), 113-20, 2006.
- 33) 張替秀郎: 鉄代謝と鉄欠乏性貧血—最近の知見—. *日本内科学会誌*, **104**, 1383-1388, 2015.
- 34) Beard J and Tobin B: Iron status and exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, **72**, 594-597, 2000.
- 35) Lukasi HC: Vitamin and mineral status: Effect of physical performance. *Nutrition*, **20**, 632-644, 2004.
- 36) 小林修平, 樋口満編著: アスリートのための栄養・食事ガイド. 第3版, 第一出版, 東京, 2014.
- 37) 財団法人日本サッカー協会スポーツ医学委員会編著: 選手と指導者のためのサッカー医学. 初版, 東京, 2005.
- 38) 宮崎志帆: 高校サッカー選手への, 課題に合わせた栄養サポート. *日本栄養士会雑誌*, **61**(1), 26-27, 2018.
- 39) Johnson RK and Kark RM: Environment and food intake in man. *Science*, **105**, 378-379, 1947.
- 40) 梅崎彩: 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.

Hemoglobin Concentration and Nutrient Intake of Male Senior High School Soccer Players

Haruki YOTSUMOTO, Kanako KATAOKA, Hiromi TANABE, Ayaka TAKI, Rie KAJII,
Akifumi ONO and Shuji MATSUEDA

(Accepted Jan. 17, 2019)

Key words : senior high school students, soccer players, hemoglobin concentration, nutrient intake, anemia

Abstract

The purpose of the study was to determine appropriate nutritional support for the prevention and improvement of anemia in male senior high school soccer players. We re-analyzed data from our interventional study that we had been conducting for male senior high school soccer players and examined whether the outcomes were associated with the level of hemoglobin in these study subjects. Subjects had hemoglobin levels that were below the WHO standard when they were in the fall of the first year, which was the time period where they reached peak height and had the longest hours of soccer practice. Subjects had better nutrient intake in the fall of the first year compared with the spring of the same year. Compared with the fall of the first year, the hemoglobin level of subjects increased significantly in the spring of the second year. This level of hemoglobin was maintained thereafter. However, compared with the spring of the second year, a larger number of subjects had a level of hemoglobin below the standard in the fall of the second year. In addition, nutrient intake was poorer in the fall of the second year compared with the spring of the same year. Our findings indicate that registered dietitians should be involved from the beginning of the first year on a continuous basis to provide lifestyle interventions including the diet. The results also suggest the need for additional interventions during summer vacations.

Correspondence to : Haruki YOTSUMOTO

Doctoral Program in Health Science

Graduate School of Health Science and Technology

Kawasaki University of Medical Welfare

Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : h6g5hk42bk@yahoo.co.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.28, No.2, 2019 423 – 432)