

# 高校生女子スポーツ選手に見られる血色素量低下の検討

## Investigation of decreased hemoglobin levels in high school female athletes

松田貴雄\*<sup>1,6</sup>, 清永康平\*<sup>1,2</sup>, 久保徳彦\*<sup>3,6</sup>  
松本善企\*<sup>4,6</sup>, 内田和宏\*<sup>5,6</sup>

キー・ワード : transferrin saturation, tissue iron, energy deficiency  
トランスフェリン飽和度, 組織鉄, 摂取エネルギー不足

〔要旨〕 (目的) 大分県スポーツ優秀指定選手のメディカルチェック結果から高校生女子スポーツ選手の貧血, 鉄欠乏の状況を検討した。

(方法) 高校生女子スポーツ選手 162 名の血色素量の値から四分位区分して血液検査の結果を検討した。

(結果) 血色素量の平均値・中央値は 12.9g/dl で一般女性平均より低かった。血色素量での第 1 四分位群は第 4 四分位群に比べて, フェリチン, トランスフェリン飽和度は有意に低下していた。クレアチニン, 総テストステロンに有意差は見られなかったが, コリンエステラーゼ低下, 尿素窒素/クレアチニン比増加は有意であった。

(結論) 一般女性では高校生になったら見られなくなる骨格筋増加がスポーツ選手ではみられることから, それに伴う組織鉄の増加が血色素量低下の原因と考えられたが, 摂取エネルギーの不足と経血による鉄喪失の影響が考えられた。

## 緒言

女子スポーツ選手の診療を行っているとき、高校生になると貧血の割合が増加する印象を持っている。一般成人女性に比べて中学生の血色素量(Hemoglobin: 以下 Hgb と略す)は高く<sup>1)</sup>経血による鉄喪失が考えられるが、無月経の選手にも高度な貧血が見られることも少なくない。スポーツを行う高校生の特徴について調べた。

## 方法

大分県優秀選手メディカルチェック事業にて早期空腹時に採血が行われた 162 名について検討した。測定項目は血色素量(Hgb)(測定方法: 自動化法), 血清フェリチン(SF)(化学発光酵素免疫測定法: CLEIA), 血清鉄(Fe)(ニトロソ-PSAP 法), 総鉄結合能 (total iron binding capacity: TIBC, トランスフェリンとほぼ同等の値を示す)(ニトロソ-PSAP 法), クレアチニン(CRE)(酵素法), 総テストステロン (T)(電気化学発光免疫測定法 ECLIA) で総蛋白 (TP)(Biuret 法), 総コレステロール(T-Chol)(コレステロール酸化酵素法), 尿素窒素 (UN)(ウレアーゼ LED・UV 法), コリンエステラーゼ (ChE)(JSCC 標準化対応法) で測定を行った。トランスフェリン飽和度 (transferrin saturation: TSAT) は  $100 \times \text{Fe} / \text{TIBC} (\%)$  と

\*1 国立病院機構西別府病院スポーツ医学センター

\*2 南整形外科クリニック

\*3 国立病院機構別府医療センター総合診療科

\*4 大分医師会立アルメイダ病院整形外科

\*5 大分循環器病院整形外科

\*6 大分県スポーツ医科学委員会メディカルサポート部会

Corresponding author: 松田貴雄 (matsuda.takao.we@mail.hosp.go.jp)

表 1 年齢分布と競技の内訳

年齢	人数	競技	人数
15 歳	37 名	バレーボール	23 名
16 歳	57 名	ハンドボール	23 名
17 歳	49 名	陸上	19 名
18 歳	19 名	ホッケー	18 名
		剣道	16 名
		ボート	10 名
		その他	
		駅伝・サッカー・カヌー・なぎなた	8 名・7 名・5 名・5 名
		フェンシング・自転車・飛び込み	4 名・3 名・1 名

表 2 血液検査結果

症例数	162				
	M	SD	Median	25_75	
Hgb	g/dl	12.9	1.0	12.9	(12.4_13.4)
SF	ng/ml	28.3	20.6	25.5	(13.6_37.3)
Fe	μg/dl	78.1	30.9	77.0	(61.8_94.3)
TIBC	μg/dl	353.8	46.8	350.5	(321.8_379.0)
CRE	mg/dl	0.68	0.09	0.67	(0.62_0.74)
T	ng/ml	0.24	0.13	0.22	(0.14_0.32)
TP	g/dl	7.2	0.4	7.2	(7.0_7.5)
T-CHO	mg/dl	164.6	24.3	163.0	(145.8_181.0)
ChE	IU/l	278.3	47.2	272.0	(248.8_306.3)
TSAT	%	22.5	8.9	22.5	(16.9_27.0)
UN/CRE 比		23.5	5.4	22.7	(20.2_27.9)

M：平均 SD：標準偏差 Median：中央値 25\_\_75：25パーセンタイル値\_\_75パーセンタイル値

Hgb：血色素量, SF：血清フェリチン, Fe：血清鉄, TIBC：総鉄結合能, CRE：クレアチニン, T：総テストステロン, TP：総蛋白, T-Chol：総コレステロール, ChE：コリンエステラーゼ, TSAT：トランスフェリン飽和度, UN/CRE：尿素窒素/クレアチニン

UN/CRE 比は計算して値を求めた。Hgb の四分位値で第 1 四分位区分 (Q1) から第 4 四分位区分 (Q4) に分け、それぞれの項目について平均値、中央値、第 1、第 3 四分値を表した。調査期間は 2021 年 7 月より 10 月まで、対象者は未成年のため保護者の同意を得て行った。年齢・競技の内訳は表 1 に示す。国立病院機構西別府病院倫理委員会にて承認されている (承認番号 30-6)。年齢別・四分位区分別の分析には正規性の検定を行い、非正規性がみられた項目の比較はノンパラメトリック法より Kruskal-Wallis 検定、正規性である項目は一元配置分散分析法を用いた。統計解析には IBM SPSS Statistics25 (SPSS Japan Inc. and IBM company Japan) を用いた。有意水準は 5% 未満とした。

## 結 果

表 2 に示すように 162 名の Hgb の平均と標準偏差は  $12.9 \pm 1.0$ g/dl で、SF、TSAT の中央値は 25.5ng/ml、22.5% であった。図 1 に Hgb、SF、TSAT に年齢による有意差はなかった。表 3 に Hgb 四分位区分ごとの検査結果を示す。図 2 で Q1 の SF の中央値は 13.7ng/ml と Q4 の 31.1ng/ml に対して有意な低下を示し、TSAT は Q1 では 17.6% と Q3 の 23.2%、Q4 の 23.9% に対して有意に低値を示した。CRE は図 3 に示すように Q1～Q4 に有意差は見られなかった。同様に T も有意差は認められなかった。図 4 に示すように TP、T-Chol は有意差がなかったが、ChE は Q1 では Q3、Q4 と比較して有意に低値であったが、UN/CRE 比は有意に高値であった。

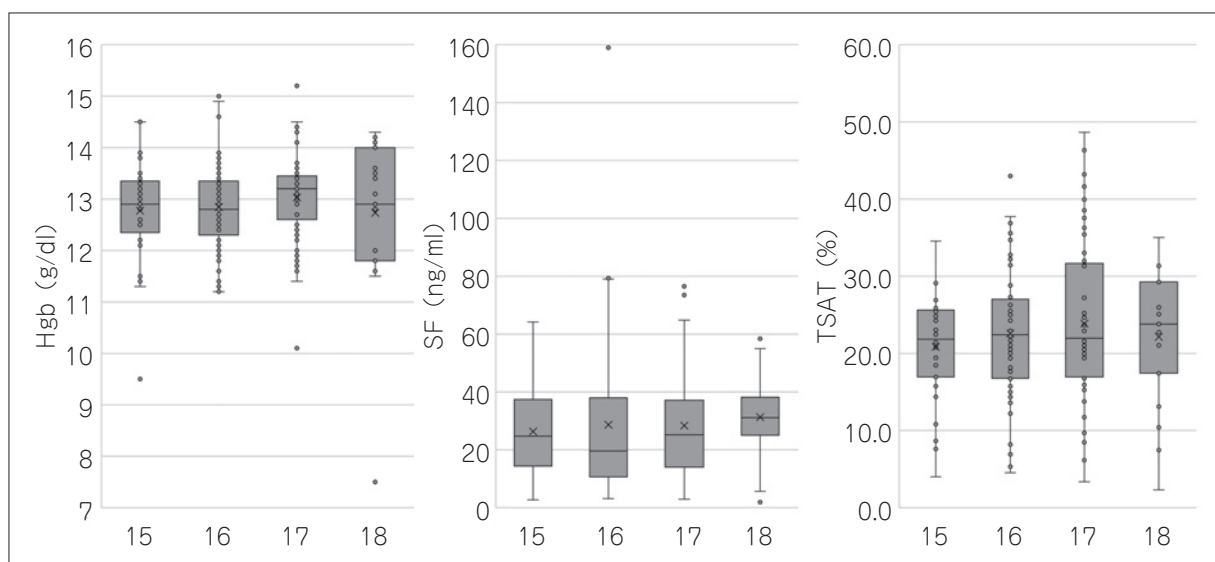


図1 年齢別血色素量・血清フェリチン・トランスフェリン飽和度  
 X：平均値，箱上端：第三四分位，下端：第一四分位，中央線：中央値  
 Hgb：血色素量，SF：血清フェリチン，TSAT：トランスフェリン飽和度  
 横軸数字は年齢

## 考 察

Hgbの平均値は一般成人女子13.1g/dl<sup>1)</sup>に対して14歳時は13.4g/dl<sup>1)</sup>で経血による鉄喪失の影響と考えられる。今回調査を行った高校生女子スポーツ選手は12.9g/dlで成人平均より低かったことから、スポーツによる影響が考えられる。

### 1. 高校生女子におけるスポーツの影響

日本人の食事摂取基準<sup>3)</sup>では15～17歳では鉄喪失量は体重が増加すると多くなる。学年が進むことによってトレーニングによる体格の向上による影響が考えられたが、図1に示すようにいずれも年齢による有意差はなく、高校生年代では学年による影響は少ないと考えられた。

貯蔵鉄を表すSFはQ1ではQ4に対して有意な低下を示し、貯蔵鉄の減少が見られ、Hgbの低下に関しては鉄欠乏によることが推定された。TSATは骨髄での造血に寄与する鉄の割合で女子では通常30%とされる<sup>2)</sup>が、Q1ではQ3, Q4に対して有意に低値を示したことから、Hgb低下は骨髄を含む血管内プールの鉄の減少によると考えられ、組織への鉄の移行が増加している状態が考えられた。腎機能に問題なければ、CREは骨格筋量と相関する<sup>4)</sup>。162名の中央値は0.68mg/dlと一般成人女性0.55mg/dl<sup>1)</sup>と比較すると高値を示したことからスポーツを行うことで骨格筋量が

多い集団と推察される。

骨格筋には非貯蔵性組織鉄として、体重あたり0.7mgの鉄を含む<sup>3)</sup>とされ身長増加に伴う体重増加が5kg/年として14歳までは推定平均必要量の計算に含まれているが、15～17歳に関しては含まれていない<sup>3)</sup>。エリートサッカー選手の調査では15～16歳にかけて骨格筋量と相関する除脂肪体重が平均2kg/年の増加が観察されている<sup>5)</sup>ことからスポーツを行う女子は身長の増加が停止した後も骨格筋量が増加すると考えられ、組織鉄の増加で相対的に赤血球合成に必要な鉄が低下すると推測される。スポーツ選手の間ではHgb低下が見られるQ1で骨格筋量が多いことが関与すると考えられ、CRE高値が推測されたが、Q1～Q4でCREに有意差はなかった。

Hgbの増加は男性ホルモンの関与が示唆され、男子では中学生以降、Tの増加に伴い、Hgb、FSが増加する。女子においてもT高値はHgb増加に関与することが報告されている<sup>6)</sup>。しかしながらQ1～Q4で有意差はなく、Hgb低下に関してはTの関与は低いと考えられた。

### 2. 摂取エネルギー不足の可能性

摂取エネルギー1000kcalに対して6mgの鉄が摂取される<sup>2)</sup>ことから、摂取エネルギー不足による鉄欠乏について血液検査項目よりエネルギー状態を推測した。栄養状態を表すTPやT-Cholは

表 3 血色素四分位区別の血液検査結果

Hgb 区分 症例数	Q1			Q2			Q3			Q4						
	M	SD	Me- dian	25_75	M	SD	Me- dian	25_75	M	SD	Me- dian	25_75				
Hgb	11.6	0.9	11.8	(11.5_12.1)	12.8	0.1	12.8	(12.6_12.9)	13.2	0.1	13.2	(13.1_13.3)	14.0	0.5	13.9	(13.6_14.3)
SF	19.9	16.4	13.7	(4.8_32.9)	28.3	16.0	27.0	(15.1_40.8)	31.5	26.2	26.7	(16.8_36.3)	34.6	20.2	31.1	** (19.6_44.5)
Fe	64.2	35.7	67.0	(31.0_82.0)	78.1	21.1	80.0	(66.5_93.5)	86.6	28.0	81.0	(69.0_98.0)	84.9	32.4	79.0	(67.0_95.0)
TIBC	367.0	52.5	369.0	(327.0_401.0)	352.7	44.9	347.0	(323.5_374.0)	346.6	37.5	351.0	(316.0_376.0)	347.4	49.3	342.0	(318.0_371.0)
CRE	0.68	0.09	0.67	(0.61_0.75)	0.69	0.11	0.67	(0.63_0.74)	0.69	0.09	0.70	(0.64_0.76)	0.68	0.08	0.67	(0.63_0.73)
T	0.22	0.14	0.18	(0.12_0.28)	0.21	0.11	0.18	(0.13_0.27)	0.27	0.14	0.23	(0.18_0.37)	0.28	0.14	0.28	(0.18_0.36)
TP	7.2	0.3	7.2	(7.0_7.4)	7.2	0.4	7.3	(6.9_7.5)	7.2	0.4	7.2	(7.0_7.5)	7.4	0.3	7.3	(7.2_7.7)
T-CHO	163.1	25.0	156.0	(141.0_186.0)	162.3	23.3	161.0	(143.0_175.0)	164.9	23.0	162.0	(149.0_179.0)	168.5	26.5	166.0	(151.0_193.0)
ChE	268.0	49.2	270.0	*(237.0_287.0)	266.3	39.6	262.0	*(240.0_299.5)	284.6	47.6	278.0	(247.0_318.0)	296.0	47.2	297.0	(258.0_325.0)
TSAT	18.2	10.2	17.6	(8.4_26.0)	22.5	6.5	23.0	(19.4_26.5)	25.3	8.6	23.2	*(19.5_31.3)	24.5	8.0	23.9	*(20.0_27.5)
UN/CRE比	25.8	5.8	25.8	(21.3_29.5)	23.9	4.6	23.4	(20.8_28.6)	22.2	5.0	22.1	** (18.9_25.7)	22.1	5.4	21.1	** (18.1_24.2)

M：平均 SD：標準偏差 Median：中央値 25\_75：25パーセンタイル値\_75パーセンタイル値

Hgb：血色素量, SF：血清フェリチン, Fe：血清鉄, TIBC：総鉄結合能, CRE：クレアチニン, T：総テストステロン, TP：総蛋白, T-Chol：総コレステロール, ChE：コリンエステラーゼ, TSAT：トランスフェリン飽和度, UN/CRE比：尿素窒素/クレアチニン比

ノンパラメトリック Kruskal-Wallisの検定

\*有意水準5%未満 \*\*有意水準1%未満

(フェリチン, TSAT, UN/CRE比はQ1に対して ChEはQ4に対して)

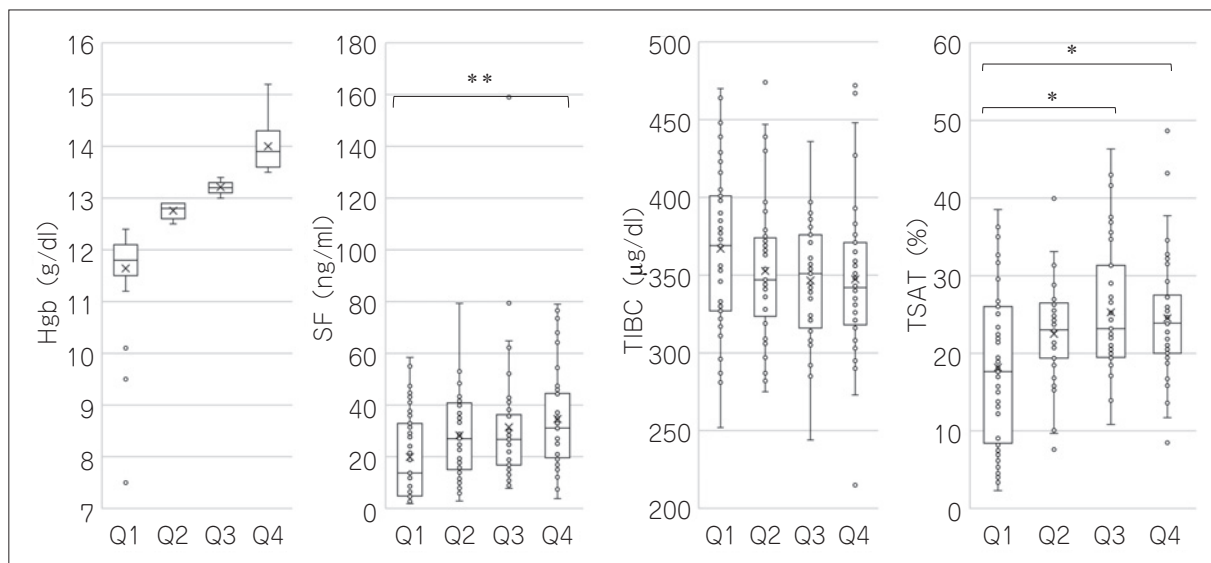


図2 血色素量四分位区分別

Hgb：血色素量，SF：血清フェリチン，TIBC：総鉄結合能，TSAT：トランスフェリン飽和度

Q1～Q4：第1～第4四分位区分

ノンパラメトリック Kruskal-Wallis の検定

\*有意水準 5% 未満 \*\*有意水準 1% 未満

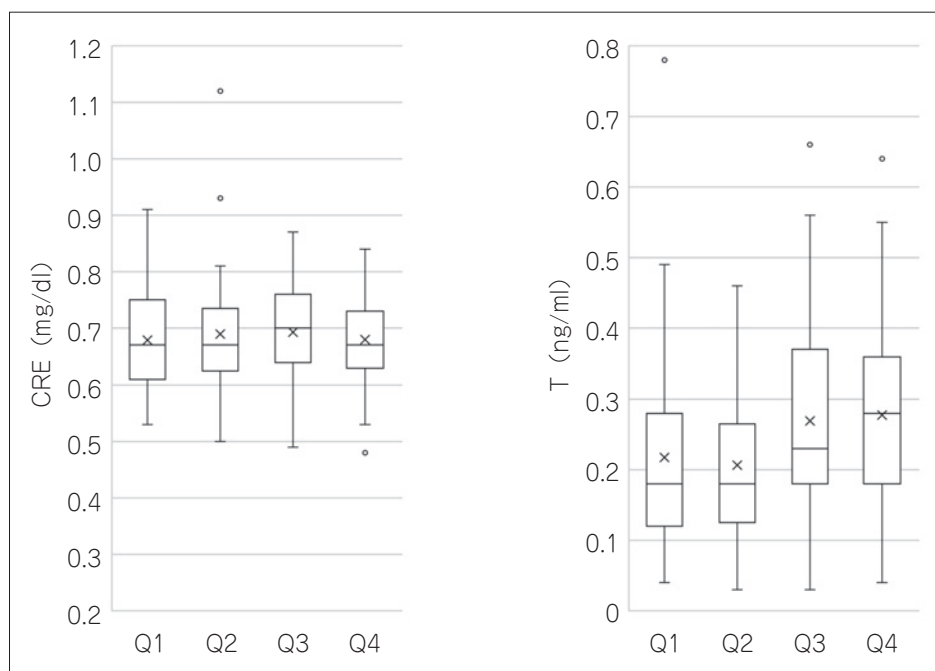


図3 血色素量四分位区分別テストステロン，クレアチニン

CRE：クレアチニン，T：総テストステロン

Q1～Q4に有意差はなかった。肝臓での蛋白合成を表すChE<sup>7)</sup>はQ4に対してQ1, Q2では有意に低値を示した。UN/CRE比20以上は蛋白異化作用<sup>8)</sup>と考えられ、Q1は25.8でQ4の21.1に対して有意に高く、糖新生が生じていると考えられた。

UN/CRE比は消化管出血でも上昇するが、80mlの出血でも上昇しない<sup>8)</sup>ので、Hgb低値は摂取エネルギー不足の可能性が考えられる。

### 3. 高校生女子アスリートの経血による鉄喪失

Hgbは14歳時より低下するのは経血からの鉄

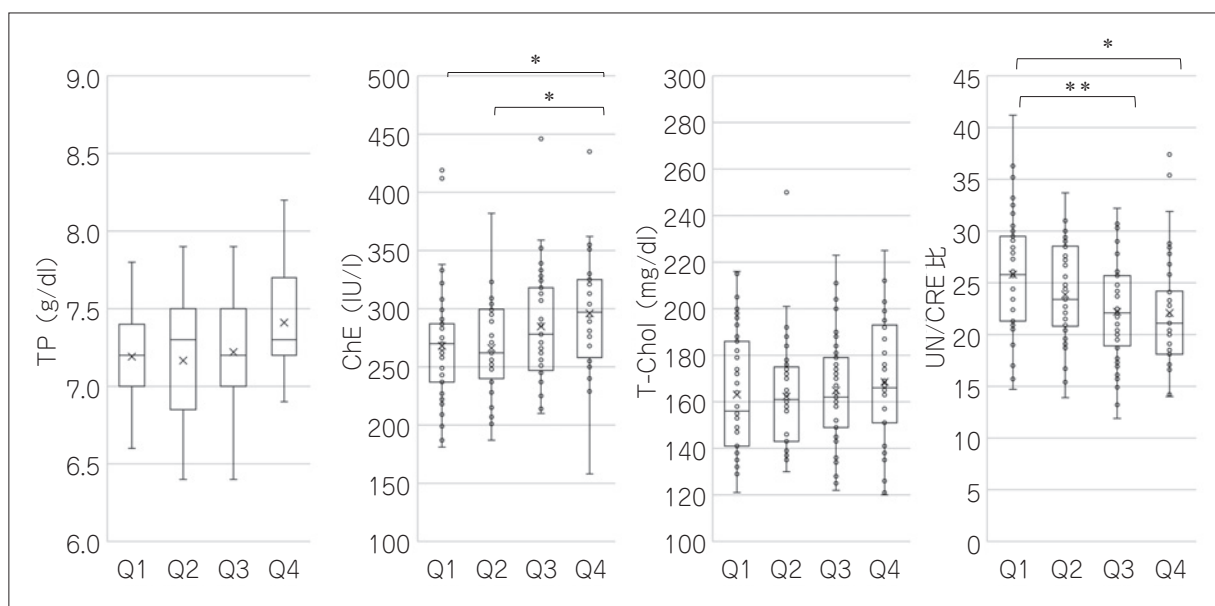


図4 血色素量四分位区分別総蛋白，コリンエステラーゼ，総コレステロール，尿素窒素/クレアチニン比  
 TP：総蛋白，ChE：コリンエステラーゼ，T-Chol：総コレステロール，UN/CRE比：尿素窒素/クレアチニン比  
 ノンパラメトリック Kruskal-Wallis の検定  
 \*有意水準 5% 未満 \*\*有意水準 1% 未満

喪失の影響が考えられる。15～17歳では1回の経血量が30ml<sup>9)</sup>とする1966年のデータから月経ありの鉄推奨量は10.5mgとされている<sup>3)</sup>。しかし最近の調査から19～39歳では経血重量は以前の37ml<sup>3)</sup>に対して平均77.4gと増加していることが報告され<sup>10)</sup>、高校生年代も経血量が増加している可能性が考えられる。「月経血量が80mL/回以上の場合、推奨量は16mg/日以上」で「通常の食品からこのような鉄摂取は難しく、鉄剤等の補給が必要となる」<sup>3)</sup>とされ、鉄補給が行われていない場合、鉄不足に陥る可能性が推察された。

#### 4. 研究の限界

摂取エネルギーの不足や糖質摂取不足の可能性を示唆する結果としたが、実際の食事調査を行ったものではないため、あくまで血液検査からの推測の域を出ない。また、採血時期もトレーニング環境の一致などできていないため、脱水等の影響などが否定できない。

#### 結 語

一般女性では高校生になったらみられなくなる骨格筋増加がスポーツ選手ではみられることから、それに伴う組織鉄の増加が血色素量低下の原因と考えられたが、摂取エネルギーの不足と経血による鉄喪失の影響が考えられた。

#### 謝 辞

調査に尽力いただいた公益財団法人大分県スポーツ協会に深謝いたします。スポーツ庁女性アスリート育成・支援プロジェクト女性アスリートの戦略的強化に向けた調査研究（令和2・3年度）委託金にて行われた。

#### 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) 田中敏章, 山下 敦, 市原清志. 潜在基準値抽出法による小児臨床検査基準範囲の設定. 日本小児科学会雑誌. 2008;112:1117-1132.
- 2) 藤原 亨, 張替秀郎. 6 鉄欠乏性貧血の診断・判断基準. (内田立身監修). In: 日本鉄バイオサイエンス学会治療指針作成委員会(編). 鉄剤の適正使用による貧血治療指針. 改訂第3版. 札幌: 22-26, 2015.
- 3) 日本人の食事摂取基準 (2020年版). 入手先: [http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/kenkou/eiyuu/syokuji\\_kijyun.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/syokuji_kijyun.html) [参照日 2022年9月1日].
- 4) 伊藤喜久. 4 血清蛋白・含窒素化合物検査. In: 河合 忠, 尾形 稔, 伊藤喜久, 他(編). 異常値の出るメカニズム. 第6版. 東京: 医学書院; 135-164, 2013.
- 5) 松田貴雄, 清永康平, 馬見塚尚孝, 他. 若年エリー

- ト女子サッカー選手の除脂肪体重の縦断的变化とパフォーマンスとの関連についての考察. *Journal of High Performance Sport*. 2019; 4: 61-70.
- 6) Beggs LA, Yarrow JF, Conover CF, et al. Testosterone alters iron metabolism and stimulates red blood cell production independently of dihydrotestosterone. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2014; 307: E456-E461.
- 7) 前川真人. II 生化学的検査 1. 生化学検査 酵素, 肝機能 コリンエステラーゼ (ChE). In: 矢富 裕 (監). 臨床検査を使いこなす. 第1版. 東京: 日本医師会; S114-S115, 2021.
- 8) 大柳治正. 第4章 栄養評価. In: 大柳治正 (監). やさしく学ぶための輸液・栄養の第一歩. 第3版. 東京: 日本静脈経腸栄養学会; 114-145, 2012.
- 9) 野上保治. 経血量に関する研究. *日本不妊学会雑誌*. 1966; 11: 189-203.
- 10) 田淵康子, 吉留厚子, 伴 信彦, 他. 現代女性の月経血量および月経随伴症状に関する研究. *看護研究*. 2014; 47: 248-255.
- 
- (受付: 2022年9月9日, 受理: 2023年1月6日)

## Investigation of decreased hemoglobin levels in high school female athletes

Matsuda, T.<sup>\*1,6</sup>, Kiyonaga, K.<sup>\*1,2</sup>, Kubo, N.<sup>\*3,6</sup>  
Matsumoto, Y.<sup>\*4,6</sup>, Uchida, K.<sup>\*5,6</sup>

\*1 Institute of Sport Medicine, Nishibeppu Hospital, National Hospital Organization

\*2 Minami Orthopaedics Clinic

\*3 Department of General Medicine, Beppu Medical Center, National Hospital Organization

\*4 Orthopedic Surgery, Almeida Memorial Hospital

\*5 Orthopedic Surgery, Oita Cardiovascular Hospital

\*6 Department of Medical Support, Commission of Medical Science, Oita Sports Association

**Key words:** transferrin saturation, tissue iron, energy deficiency

**[Abstract]** (Objective) To examine the status of anemia and iron deficiency in high school female athletes based on the results of medical checkups of designated athletes who excelled in sports in Oita Prefecture.

(Methods) We examined the results of blood tests of 162 high school female athletes, divided into quartiles based on their hemoglobin levels.

(Results) The mean and the median hemoglobin levels were both 12.9 g/dl, which is lower than the average for females in general. Ferritin and transferrin saturation were significantly lower in the first quartile group by hemoglobin volume than in the fourth quartile group. There were no significant differences in the creatinine and total testosterone levels, but the decrease in cholinesterase and increase in the urea nitrogen/creatinine ratio were significant.

(Conclusion) In the general population of female high school students, skeletal muscle does not increase, but in athletes, skeletal muscle increases, suggesting that iron deficiency is caused by the increase in tissue iron contained in skeletal muscle. However, the effect of a low energy intake and iron loss due to menstrual bleeding were considered as the cause of the decrease in hemoglobin.