

男子高校運動選手における骨密度及びヘモグロビン濃度と 摂取栄養素の関連

垣 渕 直 子・渡 辺 ひろ美・上 北 采 佳・村 川 みなみ・次 田 一 代

I はじめに

高校生は成長期であるため、多くの栄養が必要な時期である。この年代の食生活の乱れや健康に関しては、例えば、偏った栄養摂取や朝食の欠食に代表されるような不規則な食事などの食生活の乱れ、肥満や過度のやせ、アレルギー疾患等の疾病などが見受けられ、増加しつつある生活習慣病と食生活の関係も指摘されている¹⁾。こうした中、望ましい食習慣や生活習慣を身につけることは大変重要である。その一方で高校生の運動部活動に対する生徒や保護者のニーズの多様化、過度な練習によるスポーツ障害・外傷の問題等様々な課題も見受けられる²⁾。

思春期は骨量、骨密度 (Bone Mineral Density 以下: BMDと記す) とともに急激に増大する時期であり^{3) 4)}、筋骨格系形成の重要な時期にあたる。生涯における最大骨量 (ピークボンマス) に達する時期は従来20～30歳代といわれていたが、近年の研究ではさらに早く16, 17歳で到達する可能性も指摘されている⁵⁾。また、肥満度や体重との間には有意な正の相関を認められることも報告され、適正体重を保つことがBMDの維持に寄与していることが知られている^{6) 7)}。また、羅は高校生の時期はBMDを高めるために適切な時期であり、この時期において合理的な健康管理、適切な運動習慣及び高いレベルでの運動有用感を育成することがBMDを高めることに有効であるとしている⁸⁾。

また、競技スポーツでは長距離ランナーや女性アスリートなど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^{9) 10)}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。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/分の範囲であり¹¹⁾、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考えられている¹²⁾。平成29年国民健康・栄養調査¹³⁾によると、15～19歳男性の鉄摂取量は8.1 mg/日であり、日本人の食事摂取基準2015年版¹⁴⁾における推定平均必要量の9.5 mgを下回っている。鉄はヘモグロビン (以下: Hbと記す) や各種酵素の構成成分であり、欠乏によって貧血や運動機能、認知機能等の低下を招くとされている^{15) 16)}。このようにエネルギーやたんぱく質だけでなく鉄の需要も高まると考えられているため高校生の時期は特に運動選手であれば不足のリスクもかかえており、それを防ぐために栄養管理が必要であると思われる。一方で高校生に対し、血液中のHb濃度を測定することは、倫理面、費用面等の問題から対象者に対し採血等の依頼を行うことは容易ではない。そのために高校生を対象とする貧血調査の実態調査は少なく、東京都で行われている中高校生を対象とする血中Hb濃度の測定結果を報告しているものがあるくらいである¹⁷⁾。そこで今回は非侵襲的にHb濃度を測定することができる機器であるシスメックス社製のASTRIM FIT¹⁸⁾を用い測定を行った。この機器はHbに特異的な近赤外吸収スペクトルを測定することで血中のHb濃度を推定するものであり、採血することなく末梢血管内のHb推定値を算出することができ、採血によるHb濃

令和2年1月7日受理

連絡先 〒769-0201 香川県綾歌郡宇多津町浜一番丁10番地

香川短期大学 生活文化学科

TEL 0877(49)5560 FAX 0877(49)5561

Email kakibuchi@kjc.ac.jp

度測定結果とも高い相関をもつことが明らかになっている¹⁹⁾。

本研究では寮生活を送る運動部所属の男子高校生において、妥当性が検討された簡易型自記式食事歴法質問票 (BDHQ) を用いて食事調査を行うのと同時に骨健康度測定器である骨ウェーブ (ライブエイド社製)²⁰⁾ を用いたBMD測定およびASTRIM FITを用いたHb推定値の測定を行い、これらの測定値と栄養摂取状況などの関連要因を明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 調査対象者

本研究は、香川県内私立A高校に在籍し、運動部寮に入寮し生活を行っている生徒190名を対象とし、本研究の身体測定及び食事頻度調査への説明を行い、参加に対する同意を得られた113名に対し調査を行った。そのうち本研究の対象 (以下：被験者と記す) は、男子93名 (年齢 16.4 ± 0.9 歳)であった。各生徒の所属する運動部はバスケットボール (n=28)、ソフトテニス (n=22)、陸上 (n=16)、卓球 (n=9)、銃剣道 (n=3)、柔道 (n=7)、剣道 (n=8) であった。本研究の実施にあたっては、被験者の個人情報保護のため全てのデータはIDで匿名化する。氏名が記入された質問紙および個人結果表はA高校で保存するという方法により個人が特定できないようにした。

2. 調査項目及び測定方法

(1) 身体組成

身長及び体重の他、身長別標準体重を求め肥満度を算出した。すなわち、肥満度は文部科学省の児童・生徒の健康マニュアル²¹⁾ を使用し、身長別標準体重を算出し、次式により求めた。

肥満度 = $\frac{\text{実測体重 (kg)} - \text{身長別標準体重 (kg)}}{\text{身長別標準体重 (kg)}} \times 100 (\%)$

身長別標準体重 (kg) = $a \times \text{実測身長 (cm)} - b \text{ (cm)}$
aは0.766 (15歳男子), 0.656 (16歳男子), 0.672 (17歳男子), bは70.989 (15歳男子), 51.822 (16歳男子), 53.642 (17歳男子) であり、肥満度 + 15% 以上を「肥満」、-15% 以下を「やせ」と判定した。

(2) 骨密度測定

ライブエイド社製の骨ウェーブを用い、右手首に超音波を伝播させ、透過した波の形から骨強度 (骨波形指数) を測定した (図1)。測定結果は骨波形指数が5.326以上をA (密度が高い), 5.115以上5.326未満をB (やや密度が高い), 4.81以上5.115未満をC (普通), 4.51以上4.81未満をE (やや密度が低い), 4.52以下をE (密度が低い) とし、本調査ではA及びB群をBMD高値群 (n=26) とし、C及びD群をBMD低値群 (n=67) とした。



図1 骨ウェーブ (ライブエイド社製)

(3) Hb測定

Hb濃度は、シスメックス社製のASTRIM FITを用いて測定した (図2)。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40秒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。測定結果はWHO基準 (<男性13.0 g/dl)²²⁾ を用いた。なお本調査では、スポーツ貧血の判定基準により

15.0 g/dl以上の者を高値群（n=36），14.0 g/dl以上15.0 g/dl未満の者を中群（n=33），14.0 g/dl未満の者を低値群（n=24）とし比較検討を行った。



図2 ASTRIM FIT（シスメックス社製）

（4）栄養素等摂取状況調査

佐々木らが開発した簡易型自記式食事歴法質問票（brief-type self-administered diet history questionnaire: BDHQ）²³⁾を用いて評価し，結果表は被験者へ後日返却した。また，エネルギーの栄養素別摂取構成比を検討するため，たんぱく質エネルギー比，脂質エネルギー比，炭水化物エネルギー比も算出した。

3. 解析方法

得られた値は平均値と標準偏差で示した。群間における平均の差の検定には対応のないut検定を用いた。また，運動部の所属部ごとのグループ間比較にはKruskal-Wallis Test（クラスカル＝ウォリス検定＝以下H検定という）を用いた。また，これらの統計解析は，統計ソフトIBM SPSS Statistics Version 21を用い，統計学的有意水準は5 %とした。

Ⅲ 結果

表1には，肥満度別の身体特性として，年齢，身長，体重，BMI，肥満度，BMD，Hb濃度を示した。群間の差の検定を行ったところ身長には有意な傾向はみられなかったが正常群，やせ群とも体重，BMI，肥満度で有意差が認められた（ $p<0.001$ ）。また，正常群とやせ群の間においても体重（ $p<0.05$ ），BMI，肥満度（ $p<0.01$ ）の有意差が認められた。またBMD（骨波形指数）は，有意差は認められなかったが肥満群が 5.15 ± 0.13 と最も高く，やせ群が 5.01 ± 0.01 と最も低かった。Hb濃度は有意差が認められなかったがやせ群が 15.9 ± 0.1 g/dlで最も高く，正常群が 14.6 ± 1.1 g/dlで最も低かった。なお全体のHb濃度平均値は 14.6 ± 1.1 g/dlであった。

次にBMDによる群分けを行いBMD高値群とBMD低値群の比較を表2に示した。

BMD低値群はBMD高値群と比し，身長において有意（ $p<0.01$ ）の高値を示した。また，骨波形指数（BMD）は低値群において有意（ $p<0.001$ ）の

表1 肥満度別の対象者特性

肥満度判定	全体 (n=93)	肥満 (n=14)	正常 (n=77)	やせ (n=2)
年齢	16.4 ± 0.9	16.1 ± 1.1	16.5 ± 0.9	17.0 ± 1.4
身長 (cm)	171.2 ± 6.6	170.7 ± 7.2	171.4 ± 6.5	165.2 ± 3.0
体重 (kg)	62.0 ± 9.0	73.4 ± 7.0	60.3 ± 7.5***	47.3 ± 3.2***t
BMI (kg/m ²)	21.1 ± 2.4	25.2 ± 1.6	20.5 ± 1.7***	17.3 ± 0.6***tt
肥満度 (%)	1.9 ± 11.8	22.0 ± 7.2	-1.3 ± 8.2***	-17.7 ± 2.6***tt
BMD (骨波形指数)	5.09 ± 0.15	5.15 ± 0.13	5.08 ± 0.15	5.01 ± 0.01
Hb濃度 (g/dl)	14.6 ± 1.1	14.8 ± 1.2	14.6 ± 1.1	15.9 ± 0.1
Mean ± SD		肥満と正常	*** : $p<0.001$	肥満とやせ *** : $p<0.001$ 正常とやせ t : $p<0.05$ 正常とやせ tt : $p<0.01$

表2 骨密度別の身体特性および栄養素等摂取状況

骨密度	全体 (n = 93)	高値群 (n = 26)	低値群 (n = 67)
年齢	16.4 ± 0.9	16.2 ± 0.9	16.5 ± 0.9
身長 (cm)	171.2 ± 6.6	168.3 ± 5.0	172.3 ± 6.8**
体重 (kg)	62.0 ± 9.0	61.7 ± 8.0	62.1 ± 9.4
BMI (kg/m ²)	21.1 ± 2.4	21.8 ± 2.5	20.9 ± 2.3
肥満度 (%)	1.9 ± 11.8	5.1 ± 12.4	0.6 ± 11.5
BMD (骨波形指数)	5.09 ± 0.15	5.27 ± 0.12	5.01 ± 0.07***
Hb濃度 (g/dl)	14.6 ± 1.1	14.8 ± 1.2	14.6 ± 1.1
エネルギー (kcal)	3167 ± 1207	3070 ± 1174	3205 ± 1226
たんぱく質 (g)	103.7 ± 39.9	105.0 ± 40.2	103.1 ± 40.1
脂質 (g)	75.3 ± 30.9	76.7 ± 31.1	74.8 ± 31.1
炭水化物 (g)	502.0 ± 228.6	474.6 ± 214.0	512.6 ± 234.8
ナトリウム (mg)	5863 ± 2175	5729 ± 1930	5915 ± 2275
カルシウム (mg)	1020 ± 583	1068 ± 646	1001 ± 561
鉄 (mg)	11.0 ± 4.0	11.1 ± 4.2	11.0 ± 3.9
ビタミンA (μgRE)	862 ± 621	723 ± 363	915 ± 690
ビタミンD (μg)	18.3 ± 14.4	16.1 ± 12.7	19.2 ± 15.1
ビタミンB ₁ (mg)	1.26 ± 0.54	1.28 ± 0.53	1.26 ± 0.54
ビタミンB ₂ (mg)	2.09 ± 0.96	2.20 ± 1.08	2.05 ± 0.91
ビタミンC (mg)	148 ± 79	144 ± 88	150 ± 75
食物繊維総量 (g)	17.1 ± 7.2	17.3 ± 7.9	17.1 ± 7.0
食塩相当量 (g)	14.8 ± 5.5	14.5 ± 4.9	15.0 ± 5.8
たんぱく質E比 (%)	13.4 ± 2.8	13.9 ± 2.6	13.2 ± 2.8
脂質E比 (%)	22.4 ± 7.0	23.3 ± 6.5	22.0 ± 7.2
炭水化物E比 (%)	62.2 ± 8.9	60.7 ± 8.3	62.7 ± 9.1
Mean ± SD E比：エネルギー比		高値群と	*** : p<0.001 ** : p<0.01

低値を示した。また、低値群において、BMD及びHb値が低い傾向にあったが有意差は認められなかった。栄養素等摂取状況については、どの項目においても有意差を示すものはなかった。BMD高値群はカルシウム、ビタミンB₁、ビタミンB₂、食物繊維において多く摂取していた。

Hb濃度測定結果はWHO基準（＜男性13.0 g/dl）よりも低い貧血のものが8名（8.6%）であった。次に、Hb濃度の階級別による身体計測値および栄養素等摂取状況の比較を表3に示した。身体計測値の比較では、身長、体重、BMIとも有意差は示さな

かった。肥満度では、有意差は示さなかったが、中群が最も低い傾向にあり低値群の肥満度が最も高い傾向にあった。Hb濃度は高値群（15.6±0.4 g/dl）に比し、中群（14.5±0.3 g/dl）、低値群（13.2±1.0 g/dl）とも有意の低値を示した。栄養素等摂取状況では、低値群のナトリウム摂取量において、高値群（p<0.05）中群（p<0.01）と比し、有意の高値を示した他、食塩相当量においても高値群（p<0.05）中群（p<0.01）と比し、有意の高値を示した。

所属部活動ごとの身体特性と栄養素等摂取状況については表4に示した。身長はバスケットボー

表3 ヘモグロビン濃度階級別の身体特性および栄養素等摂取状況

ヘモグロビン濃度		高値群 (n=36)	中群 (n=33)	低値群 (n=24)
年齢		16.6 ± 1.0	16.3 ± 0.8	16.3 ± 1.1
身長	(cm)	170.3 ± 5.4	171.4 ± 7.5	172.0 ± 7.0
体重	(kg)	61.7 ± 9.8	60.8 ± 8.0	64.1 ± 9.0
BMI	(kg/m ²)	21.2 ± 2.9	20.6 ± 1.9	21.6 ± 2.1
肥満度	(%)	2.2 ± 14.4	-0.4 ± 9.3	4.5 ± 10.5
BMD	(骨波形指数)	5.10 ± 0.16	5.07 ± 0.15	5.09 ± 0.11
Hb濃度	(g/dl)	15.6 ± 0.4	14.5 ± 0.3***	13.2 ± 1.0*** ^{ttt}
エネルギー	(kcal)	3054 ± 1044	2964 ± 1049	3617 ± 1531
たんぱく質	(g)	101.9 ± 33.8	95.8 ± 39.9	117.0 ± 46.4
脂質	(g)	78.5 ± 28.9	69.4 ± 35.7	78.8 ± 26.6
炭水化物	(g)	469.5 ± 204.0	473.3 ± 185.0	590.0 ± 295.4
ナトリウム	(mg)	5674 ± 1685	5239 ± 1799	7005 ± 2852 ^{*tt}
カルシウム	(mg)	1043 ± 570	892 ± 531	1161 ± 655
鉄	(mg)	10.8 ± 3.3	10.2 ± 3.9	12.4 ± 4.6
ビタミンA	(μgRE)	897 ± 816	769 ± 421	936 ± 510
ビタミンD	(μg)	17.1 ± 12.3	16.5 ± 13.9	22.5 ± 17.7
ビタミンB ₁	(mg)	1.26 ± 0.44	1.20 ± 0.56	1.36 ± 0.64
ビタミンB ₂	(mg)	2.17 ± 0.89	1.88 ± 0.98	2.25 ± 1.01
ビタミンC	(mg)	146 ± 72	140 ± 69	164 ± 99
食物繊維総量	(g)	16.6 ± 6.6	16.1 ± 6.5	19.4 ± 8.7
食塩相当量	(g)	14.4 ± 4.3	13.3 ± 4.6	17.7 ± 7.2 ^{*tt}
たんぱく質E比	(%)	13.7 ± 2.7	13.0 ± 2.9	13.5 ± 2.8
脂質E比	(%)	24.2 ± 6.8	21.3 ± 7.6	21.2 ± 5.9
炭水化物E比	(%)	60.1 ± 8.9	63.7 ± 9.4	63.1 ± 7.9
Mean ± SD			高値群と	*** : p<0.001
E比 : エネルギー比			高値群と	* : p<0.05
			中群と	^{ttt} : p<0.001
			中群と	^{tt} : p<0.01

ル部が175.4±6.8 cmで最も高く、卓球部が167.4±5.5 cmで最も低かった。体重はバスケットボール部が68.2±7.8 kgで最も重く、陸上部が54.3±3.2 kgで最も軽かった。肥満度やBMIは陸上部、銃剣道部、卓球部の順に低かった。BMDは柔道部 (5.22±0.13)、ソフトテニス部 (5.21±0.17) で高く、陸上部 (4.99±0.12)、銃剣道部 (5.00±0.03)、卓球部 (5.02±0.10) で低かった。Hb濃度は剣道部 (15.0±0.9 g/dl) で高く、卓球部 (14.3±1.8 g/dl) で最も

低かった。また、H検定において、身体特性では身長、体重、BMI、肥満度、BMDでそれぞれの部活動のグループ間で有意差が認められた。栄養素等摂取状況では、エネルギー摂取量は剣道部が最も多く (4021±1297 kcal) 摂取しており、柔道部 (2597±993 kcal) が最も摂取量が少なかった。食塩摂取量は、剣道部 (21.1±9.2 g) が最も多く摂取しており、銃剣道部 (13.4±8.0 g) が最も少なかった。また、H検定において、栄養素等摂取状況では、脂質、炭

表4 所属部活動ごとの身体特性および栄養素等摂取状況

		バスケットボール (n=28)	ソフトテニス (n=22)	陸上 (n=16)	卓球 (n=9)	銃剣道 (n=3)	柔道 (n=7)	剣道 (n=8)	H検定 p値	検定
年齢		16.6 ± 1.0	16.2 ± 0.9	16.4 ± 0.8	16.2 ± 1.0	16.3 ± 1.2	16.6 ± 1.3	16.5 ± 0.8	0.866	
身長	(cm)	175.4 ± 6.8	169.4 ± 7.4	170.1 ± 3.8	167.4 ± 5.5	172.3 ± 2.5	167.9 ± 4.7	170.1 ± 5.2	0.008	*
体重	(kg)	68.2 ± 7.8	60.7 ± 8.1	54.3 ± 3.2	55.3 ± 8.4	58.0 ± 5.3	65.5 ± 6.4	65.1 ± 10.0	0.000	*
BMI	(kg/m ²)	22.1 ± 1.5	21.2 ± 2.7	18.8 ± 0.6	19.7 ± 2.4	19.5 ± 1.2	23.2 ± 1.8	22.4 ± 2.8	0.000	*
肥満度	(%)	7.1 ± 7.3	2.7 ± 13.3	-9.8 ± 2.4	-5.5 ± 12.5	-6.1 ± 5.4	11.3 ± 8.2	7.8 ± 14.2	0.000	*
BMD	(骨波形指数)	5.05 ± 0.07	5.21 ± 0.17	4.99 ± 0.12	5.02 ± 0.10	5.00 ± 0.03	5.22 ± 0.13	5.08 ± 0.11	0.000	*
Hb濃度	(g/dl)	14.4 ± 0.9	14.6 ± 1.1	14.9 ± 1.0	14.3 ± 1.8	14.7 ± 0.3	14.7 ± 1.7	15.0 ± 0.9	0.348	
エネルギー	(kcal)	3496 ± 1281	2872 ± 991	3189 ± 1147	2636 ± 1197	2784 ± 1433	2597 ± 993	4021 ± 1297	0.081	
たんぱく質	(g)	99.5 ± 37.4	103.9 ± 40.1	103.4 ± 34.4	99.8 ± 42.4	104.1 ± 61.6	88.7 ± 29.6	135.2 ± 53.6	0.619	
脂質	(g)	59.3 ± 22.9	73.4 ± 27.2	83.8 ± 34.2	73.3 ± 26.5	93.3 ± 48.0	80.2 ± 25.8	111.1 ± 31.1	0.003	*
炭水化物	(g)	618.5 ± 247.9	437.3 ± 171.3	490.2 ± 202.4	381.2 ± 220.1	372.4 ± 191.2	365.2 ± 174.0	599.7 ± 243.3	0.007	*
ナトリウム	(mg)	5753 ± 2035	5514 ± 1638	5770 ± 1690	5516 ± 2255	5256 ± 3079	5465 ± 1619	8361 ± 3638	0.425	
カルシウム	(mg)	872 ± 432	1152 ± 602	1144 ± 692	982 ± 596	1272 ± 1086	726 ± 370	1130 ± 685	0.462	
鉄	(mg)	10.9 ± 3.9	11.2 ± 4.0	11.1 ± 3.6	9.5 ± 3.6	10.1 ± 3.3	10.1 ± 3.9	13.7 ± 5.3	0.702	
ビタミンA	(μgRE)	790 ± 425	910 ± 454	852 ± 463	617 ± 260	697 ± 423	1344 ± 1758	913 ± 394	0.655	
ビタミンD	(μg)	16.2 ± 10.6	19.1 ± 14.3	21.9 ± 16.4	15.9 ± 10.1	18.7 ± 14.2	11.1 ± 4.9	25.1 ± 27.8	0.763	
ビタミンB ₁	(mg)	1.24 ± 0.58	1.30 ± 0.54	1.30 ± 0.51	1.18 ± 0.55	1.23 ± 0.64	1.00 ± 0.40	1.53 ± 0.53	0.589	
ビタミンB ₂	(mg)	1.79 ± 0.75	2.27 ± 1.01	2.27 ± 1.07	2.03 ± 1.04	2.59 ± 1.71	1.85 ± 0.83	2.38 ± 0.90	0.328	
ビタミンC	(mg)	152 ± 83	169 ± 91	156 ± 62	108 ± 45	157 ± 108	101 ± 36	153 ± 95	0.267	
食物繊維総量	(g)	18.3 ± 7.3	17.3 ± 6.7	16.4 ± 5.5	14.7 ± 7.9	12.1 ± 2.3	13.4 ± 6.3	21.9 ± 10.3	0.243	
食塩相当量	(g)	14.5 ± 5.2	14.0 ± 4.2	14.6 ± 4.2	14.0 ± 5.7	13.4 ± 8.0	13.8 ± 4.1	21.1 ± 9.2	0.462	
たんぱく質E比	(%)	11.6 ± 1.9	14.5 ± 2.7	13.4 ± 2.4	15.5 ± 3.7	14.5 ± 3.2	14.0 ± 1.9	13.5 ± 2.9	0.002	*
脂質E比	(%)	15.8 ± 4.4	23.4 ± 5.2	24.3 ± 6.2	26.2 ± 6.3	30.1 ± 3.6	29.0 ± 6.2	25.9 ± 5.6	0.000	*
炭水化物E比	(%)	70.1 ± 5.7	60.4 ± 7.4	60.5 ± 7.4	56.4 ± 9.9	53.9 ± 6.6	54.8 ± 7.3	58.7 ± 7.6	0.000	*

Mean ± SD
E比：エネルギー比

水化物，たんぱく質エネルギー比，脂質エネルギー比，炭水化物エネルギー比においてそれぞれの部活動のグループ間で有意差が認められた。

次に，それぞれの種目間での比較検討をするために2群間での対応のないt検定を行ったところ，バスケットボール部とソフトテニス部の間で有意差を示した（表5）。バスケットボール部がソフトテニス部に比し，身長（ $p=0.0044$ ），体重（ $p=0.0017$ ）で有意に高値を示したが，BMDはバスケットボール部（ 5.05 ± 0.07 ）が，ソフトテニス部（ 5.21 ± 0.17 ）と比し，有意（ $p=0.00004$ ）の低値を示した。栄養素等摂取状況では，炭水化物（ $p=0.0053$ ），たんぱく質エネルギー比（ $p<0.000001$ ），脂質エネルギー比（ $p<0.000001$ ），炭水化物エネルギー比（ $p<0.000001$ ）において，バスケットボール部とソフトテニス部のグループ間で有意差が認められた。バス

ケットボール部はソフトテニス部と比し，たんぱく質エネルギー比及び脂質エネルギー比が低く，炭水化物エネルギー比が有意に高かった。

IV 考察

運動部に所属し，寮生活を送る男子高校生を対象に身体特性及びBMDやHb濃度と栄養素等摂取状況について検討を行った。今までに高校生を対象にBMDとの関係性を検討した調査報告^{8) 24) 25)}はいくつかあるが，Hb濃度との関係性を検討したものは少ない。

男子高校生の体格因子とBMDとの関連については，多くの研究では，体重，BMIとBMDとの間に有意な相関関係を示している²⁶⁾。本研究ではBMDと体重やBMIとの関係については有意な差は認めら

表5 身体特性および栄養素等摂取状況（バスケットボール部とソフトテニス部の比較）

		バスケットボール (n=28)	ソフトテニス (n=22)	P値
年齢		16.6 ± 1.0	16.2 ± 0.9	0.1727
身長	(cm)	175.4 ± 6.8	169.4 ± 7.4	0.0044
体重	(kg)	68.2 ± 7.8	60.7 ± 8.1	0.0017
BMI	(kg/m ²)	22.1 ± 1.5	21.2 ± 2.7	0.1257
肥満度	(%)	7.1 ± 7.3	2.7 ± 13.3	0.1445
BMD	(骨波形指数)	5.05 ± 0.07	5.21 ± 0.17	0.0000
Hb濃度	(g/dl)	14.4 ± 0.9	14.6 ± 1.1	0.5097
エネルギー	(kcal)	3496 ± 1281	2872 ± 991	0.0656
たんぱく質	(g)	99.5 ± 37.4	103.9 ± 40.1	0.6930
脂質	(g)	59.3 ± 22.9	73.4 ± 27.2	0.0508
炭水化物	(g)	618.5 ± 247.9	437.3 ± 171.3	0.0053
ナトリウム	(mg)	5753 ± 2035	5514 ± 1638	0.6563
カルシウム	(mg)	872 ± 432	1152 ± 602	0.0620
鉄	(mg)	10.9 ± 3.9	11.2 ± 4.0	0.7365
ビタミンA	(μgRE)	790 ± 425	910 ± 454	0.3414
ビタミンD	(μg)	16.2 ± 10.6	19.1 ± 14.3	0.4094
ビタミンB ₁	(mg)	1.24 ± 0.58	1.30 ± 0.54	0.7079
ビタミンB ₂	(mg)	1.79 ± 0.75	2.27 ± 1.01	0.0581
ビタミンC	(mg)	152 ± 83	169 ± 91	0.4984
食物繊維総量	(g)	18.3 ± 7.3	17.3 ± 6.7	0.6173
食塩相当量	(g)	14.5 ± 5.2	14.0 ± 4.2	0.6921
たんぱく質E比	(%)	11.6 ± 1.9	14.5 ± 2.7	0.0000
脂質E比	(%)	15.8 ± 4.4	23.4 ± 5.2	0.0000
炭水化物E比	(%)	70.1 ± 5.7	60.4 ± 7.4	0.0000

Mean ± SD

E比：エネルギー比

れなかった。9～22歳を対象としたBMDと身体特性との関連を検討した伊藤²⁷⁾らの調査では、女子ではすべての年齢区分でOSI（音響的骨評価値）と体重、BMI、LBM、体脂肪率との間に、有意な正の相関関係が認められたが、男子の19～22歳では、OSIと身長、体重などの身体組成とは相関が認められなかったとしており、男子高校生においてBMIとの関連の検討を今後すすめていく必要があると考えられた。

BMDと栄養素等摂取状況に関連し検討を行った

ものは、ほとんどが女子高校生について検討しているものであり、男子高校生に関連し、検討したものは少ない。高校生を対象にBMDと栄養素等摂取状況との関連について検討した相良ら²⁵⁾による研究では、男子ではBMD低値群の身長と体重、一日当たりのエネルギー摂取量、たんぱく質摂取量、脂質摂取量、糖質摂取量はBMD正常群に比べ有意に低かったことを報告している。本研究では、栄養素等摂取状況については、どの項目においても有意差を示すものはなかったが、BMD高値群はカルシウム、

ビタミンB₁, ビタミンB₂, 食物繊維においてBMD低値群よりも多く摂取していた。

本研究により得られた Hb 濃度から判定した貧血傾向者の割合は、8.6%であった。本研究同様、末梢血管モニタリング装置を用いて女子中高生260名を対象に Hb 濃度を測定した鹿野 (2010年)²⁸⁾ の報告では、高校生の36.2%が貧血傾向であったと報告している。また、鹿野 (2014年)²⁹⁾ による同様の調査では、Hb 濃度から判定した貧血傾向者の割合は、男子10.7%, 女子41.5%であったと報告がされている。以上の結果から、本研究によるHb推定値による貧血傾向の者の割合は低い傾向にあった。

一方、Hb濃度とその関連因子を検討した先行研究では、Hb濃度の低下には、BMIやPAL (身体活動レベル) が関わることを明らかにしている³⁰⁾。本研究において、Hb濃度と身体特性および栄養素等摂取状況についてみたところ、身体特性においては有意な結果は認められなかったが、ナトリウムと食塩相当量において、Hb低値群で有意の高値を示した。本研究では、食品群の摂取状況については検討していないが、今後同様の調査を行う場合には、これらの原因を検討するために、食品摂取状況やPAL (身体活動レベル), LBM, 体脂肪率等の調査も行い、さらに検討をすすめる必要性が示唆された。

また、運動、特にスポーツ貧血との関係をみた研究では、陸上競技のインターハイ入賞選手の男子18.6%, 女子36.4%に貧血の既往があり、貧血の発現が中学2年次と高校1～2年次で高率であることが報告されている³¹⁾。本研究では、鉄の摂取状況は全体 10.2 ± 3.9 mg, Hb高値群 10.8 ± 3.3 mg, Hb低値群 12.4 ± 4.6 mgであり、日本人の食事摂取基準2015¹⁴⁾ の15～17歳の推奨量が9.5 mgであり、それと比較しても摂取状況は悪くなかった。そこで、所属部活動ごとの身体特性と栄養素等摂取状況について検討を行った (表4)。Hb濃度では有意差が認められなかったが、Hb濃度の平均値が最も低かった卓球部は鉄摂取量が最も低く、Hb濃度の平均値が最も高かった剣道部は鉄摂取量が最も高かった。また、H検定において、身体特性では身長、体重、BMI、肥満度、BMDでそれぞれの部活動のグループ間で有意差が認められたため、それぞれの部活動

ごとに詳しく検討していくことが必要であると考えられた。特にBMDでは女子高校生の長距離選手と短距離選手のBMDの差にはFFM (除脂肪量) が大きく影響していることが示唆されており²³⁾、今後本研究をすすめていくにあたってこれら除脂肪量等身体組成の検討もすすめていく必要がある。

さらに部活動の種目間での比較検討を、BMD平均値が比較的低かったバスケットボール部と高かったソフトテニス部を比較すると (表5) エネルギー比において有意差が認められた。ソフトテニス部の3大エネルギー比の構成割合は適正值であった。それに対し、バスケットボール部のエネルギー構成割合はたんぱく質エネルギー比が11.6%, 脂質エネルギー比15.8%, 炭水化物エネルギー比が70.1%であった。日本人の食事摂取基準2015¹⁴⁾ の目標エネルギー比はそれぞれ13～20%, 20～30%, 50～65%であり、これと比較するとたんぱく質エネルギー比と脂質エネルギー比の割合が少なく、炭水化物エネルギー比が高い傾向にあった。このことから、本研究の被験者は普段同じ寮生活を送っており、寮の食事以外、特に間食等の選択は自己の判断によるところが大きいと思われるため、食習慣や生活習慣等の意識等を踏まえたうえでの栄養指導をすすめていく必要性が示唆された。また寮の食事内容についても朝食では、酸味のある果物やヨーグルトを追加し、汁物を取り入れるなどの工夫が必要であると思われる。

運動選手の献立作成を行う場合、個人の推定エネルギー必要量 (EER) を算出しなければならないが、正確に算出することが難しいため「日本人の食事摂取基準」¹⁴⁾、国立スポーツ科学センターの研究による推定式の $28.5 \text{ (kcal/kg FFM/日)} \times \text{FFM (kg)} \times \text{身体活動レベル (PAL)}$ ³²⁾、または競技者の基礎代謝を測定して求められた推定式 $27.0 \text{ (kcal/kg FFM/日)} \times \text{FFM (kg)} \times \text{身体活動レベル (PAL)}$ を用いる場合が多い。PALについても実測することは難しいため、既存のデータを参考にしながら算出する。しかし算出した値は推定値であるため、実際に選手の状態をモニタリングしながら定期的に評価し調整を行う必要がある³³⁾。糖質、たんぱく質の必要摂取量は各スポーツ種目によって、また選手の体重や練習内容、強度により異なる。そのため糖質や

たんぱく質の推奨量は体重1 kg当たりの量で示されている^{34) 35)}。微量栄養素に関しては、トレーニングにより必要量が増加すると考えられるため「日本人の食事摂取基準」をベースにアセスメントを行う必要がある³³⁾。特に鉄、ビタミンB群、カルシウムといったスポーツ選手にとって特に重要なビタミン、ミネラル類は十分考慮して献立をたてる必要があるため、そういったことを配慮した献立をたててもらえるように学校関係者や給食会社へ働きかけていく必要があると思われる。

V まとめ

運動部に所属し、寮生活を送る男子高校生を対象に身体特性および骨密度やHb濃度と栄養素等摂取状況について検討を行った。BMDと栄養素等摂取状況については、どの項目においても有意差を示すものはなかったが、BMD高値群はカルシウム、ビタミンB₁、ビタミンB₂、食物繊維においてBMD低値群よりも多く摂取していた。また、Hb濃度と身体特性および栄養素等摂取状況について検討したところ、身体特性においては有意な結果は認められなかったが、ナトリウムと食塩相当量において、Hb低値群で有意の高値を示した。本研究の被験者は普段同じ寮生活を送っており、寮の食事以外、特に間食等の選択は自己の判断によるところが大きいと思われるため、食習慣や生活習慣等の意識等を踏まえたうえでの栄養指導をすすめていく必要性が示唆された。

VI 謝辞

本研究にご協力いただいた高等学校の教諭、生徒の皆様深く謝意を申し上げます。

なお、本研究の一部は「香川県若者県内定着促進支援補助事業」の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 文部科学省, 2019, 食に関する指導の手引—第二次改訂版—, 健学社, 東京.
- 2) スポーツ庁HP, 2018, 運動部活動の在り方に関する総合的なガイドライン. https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/shingi/013_index/toushin/_icsFiles/afieldfile/2018/03/19/1402624_1.pdf (令和元年12月閲覧)
- 3) 一般社団法人日本骨粗鬆症学会HP, 2015, 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版, http://www.josteo.com/ja/guideline/doc/15_1.pdf (令和元年12月閲覧)
- 4) 金澤秀美, 清野佳紀, 2001, 各種疾患患者の栄養アセスメント12. 骨粗鬆症, 臨床栄養99, 651-655.
- 5) 米山京子, 根来光将, 2006, 中学生における骨密度と生活習慣との関連; 小児保健研究, 65 (6) 780-790.
- 6) 東あかね, 池田順子, 渡辺能行, 他, 1996, 京都府における超音波式踵骨骨量測定装置を用いた骨量と食生活, 生活習慣との関連についての横断的研究, 公衆衛生学会誌, 43 (10), 882-893.
- 7) 孫大鵬, 安藤大輔, 佐藤美理, 鈴木孝太, 田中太一郎, 永井亜貴子, 山縣然太, 2013, 小中学生の踵骨の定量的超音波指標と体格・生活習慣因子の関連, 山梨医科学雑誌, 28 (1), 39-47.
- 8) 羅平, 2006, 男子高校生の骨密度と運動習慣との関係—運動経歴, 運動有能感の視点から—, 広島大学大学院研究科紀要第二部文化教育開発関連領域, 55, 325-331.
- 9) 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, 2014, 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.
- 10) 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, 2008, 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.
- 11) 大森一伸, 中村好男, 村岡功, 1997, 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.
- 12) 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, 2019, 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, 川崎医療福祉学会誌, 28 (2), 423-432.
- 13) 厚生労働省HP: 平成29年国民健康・栄養

- 調査結果の概要, <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000351576.pdf> (令和元年12月閲覧)
- 14) 厚生労働省, 2014, 日本人の食事摂取基準 (2015年版), 第一出版, 東京.
- 15) 金丸昭久, 2008, 鉄欠乏性貧血, 日本臨床, 66 (3), 499-504.
- 16) Catherine Geissler, Mamta Singh, 2011, Iron, Meat and Health, *Nutrients*, 3, 283-316.
- 17) 前田美穂, 2013, 貧血検査の実施成績, 東京都予防医学協会年報2013年版, 42, 53-56.
- 18) シスメックス株式会社HP, ASTRIM FIT カタログ, <http://sysmex-astrim.jp/> (令和元年12月閲覧)
- 19) 菅野幸子, 安部浩太郎, 2005, アストリウムを用いた非侵襲的血中ヘモグロビン濃度測定に関する基礎的検討, 宮崎県立看護大学紀要, 5 (1), 54-59.
- 20) ライブエイド社HP, 骨ウェーブカタログ, <http://www.live-aid.co.jp/uploads/bonewave.pdf> (令和元年12月閲覧)
- 21) 文部科学省スポーツ・青少年局滑学校健康教育課監修, 児童生徒の健康診断マニュアル (改訂版), 財団法人日本学校保健会.
- 22) 日本臨床検査医学会, 2019, 貧血, 臨床検査のガイドラインJSLM 2018, 192-199.
- 23) Kobayashi, S., Murakami, K., Sasaki, S., et al., 2011, Comparison of relative validity of food group intakes estimated by comprehensive and brief-type self-administered diet history questionnaires against 16 dietary records in Japanese adults. *Public Health Nutr.*, 14 (7), 1200-1211.
- 24) 池戸葵, 石橋彩, 松宮さおり, 海崎彩, 祐伯敦史, 藤田聡, 海老久美子, 2017, 高校生女子長距離選手および短距離選手の骨密度に関わる因子の検討, 日本栄養・食糧学会誌, 70 (5), 9-15.
- 25) 相良多喜子, 西条旨子, 広川渉, 森河裕子, 三浦克之, 田畑正司, 中川秀昭, 2002, 高校生の骨密度に対する栄養素摂取量および生活習慣の関連, 日本公衆衛生雑誌, 49 (5), 389-398.
- 26) 岡野亮介, 2006, 男女高校生における形態, 体脂肪率および生活履歴と踵骨骨強度の関連性, 臨床スポーツ医学, 23 (1), 73-80.
- 27) 伊藤千夏, 小泉暁子, 田中絵里香, 金子佳代子, 2006, 成長期における骨量の年齢別推移および身体組成との関連, 日本栄養・食糧学会誌, 59 (4), 221-227.
- 28) 鹿野晶子, 野井真吾, 小澤治夫, 2010, 女子中高生の貧血傾向の実態: 近赤外分光画像計測法を用いて, 埼玉大学紀要教育学部, 59 (2), 95-102.
- 29) 鹿野晶子, 野井真吾, 宗田沙緒莉, 小澤治夫, 2014, 無侵襲Hb測定と生活調査を組み合わせたライフスタイルチェックシステムの実用可能性とその利用状況, 発育発達研究, 62, 66-74.
- 30) 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, 2013, 男子高校生のHb濃度にはBMIと身体活動レベルが関連している, 日本食育学会誌, 7 (1), 33-40.
- 31) 鳥居俊, 阿江通良, 石井好二郎, 2010, インターハイ入賞選手に対するスポーツ障害に関する質問紙調査, 陸上競技研究紀要, 6, 148-152.
- 32) 田口素子, 2017, 第一部栄養アセスメントの基礎技術 4章食事調査・食事管理 12アスリートの推定エネルギー量の算出, In: 早稲田大学スポーツ栄養研究所, 田口素子 (責任編集) 編, アスリートの栄養アセスメント, 第一出版, 82-83.
- 33) 岡本香, 西山英子, 2019, スポーツ選手向け献立作成の基本, 臨床栄養, 134 (2), 第一出版, 189-193.
- 34) Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., Jeukendrup, A. E., 2011, Carbohydrates for training and competition, *J. Sports Sci*, 29 (1), 17-27.
- 35) Tomas, D. T., Erdman, K. A., Burke, L. M., 2016, American College of Sports Medicine Joint Position Statement, Nutrition and Athletic Performance, *Med. Sci Sports Exerc*, 48, 543-568.