

夏季暑熱環境下における食物摂取の変化が
若年運動選手の体格に及ぼす影響と
エネルギー代謝との関連

平成 25 年度

海崎 彩

要 旨

【背景・目的】

気候と食物摂取の関係は古くから研究され、気温が高いと食物摂取は少なく、低いと多くなることが知られている。夏季暑熱環境下で若年運動選手に食物摂取の減少が起こると、筋量が減少し、体力や運動パフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。本研究では、高校野球選手の夏季の食物摂取状況について調査し、摂取量の変化が体格に及ぼす影響を調べるために、食事調査と身体計測を行った。さらに食物摂取とエネルギー代謝（消費）との関連を調べるために、安静時エネルギー代謝量および、甲状腺ホルモンを測定した。

【方法】

高校硬式野球部に所属する男子生徒 42 人を対象に、春・夏・冬の各季にわたり食事調査、身体計測（身長、体重、上腕・下腿周囲長）、生活時間調査を行った。食事調査は秤量記録法を用いて連続 3 日間の調査を行い、栄養計算はエクセル栄養君(Ver. 4.5)を用いた。食事調査からエネルギー摂取量を計算し、生活時間調査から総エネルギー消費量(TEE: total energy expenditure)を算出し、エネルギーバランスを決定した。上腕・下腿周囲長は、アボット栄養アセスメントキットを用いて測定した。エネルギー代謝は安静時エネルギー代謝量(REE: resting energy expenditure)を呼気ガス分析により測定した。甲状腺ホルモンは T3, FT3 を定量した。

【結果】

夏季のエネルギー(E)摂取の減少は約 70 %の選手で起こったので、E 摂取が減少した群を L, 減少しなかった群を H とした。両群とも夏季に運動量が増加し TEE は増加したため、E 摂取が減少した L では夏季の E バランスは有意に低下し、大きく負に傾いた（約 (-)700 kcal）。一方、H では(-)140 kcal の E バランスであった。L の身体計測値は有意に低下し、体重は 1.7 %、上腕周囲長は 3.6 %減少したが、H では、体重・上腕周囲長の減少は 1~2 %にとどまった。このことから、E バランスが大きく負に傾くと、身体計測値が有意に低下することがわかった。食事のエネルギー構成(PFC)比率は、L では炭水化物

エネルギー比率は 60 % , H では 55 % であり , L は H より高炭水化物食の傾向であった。また , REE は L も H も夏季に低下し , 冬季に上昇したが , 有意な変化を示したのは L だけであった。このことから , 食物摂取の減少は , REE の低下と関連することが示唆された。T3 , FT3 は夏季に増加し , 冬季にはさらに増加し , L では有意であった。夏季の REE と甲状腺ホルモンとは関連が見られなかったが , 冬季の REE の上昇には FT3 の増加が関係することが示唆された。

【結論】

夏季に E 摂取が減少すると , E バランスは負に傾き , 体重・上腕周囲長は有意に減少し , 体格に影響を及ぼした。また , E 摂取の減少は REE の低下と関連することが示唆されたが , 甲状腺ホルモンとの関連は見られなかった。

Abstract

【Background & Objectives】

It has been studied the relations between climate and the food intake for a long time. Generally, food intake of young athletes decrease under hot summer circumstance, and, therefore, it would affect on their physical strength and the athletic power (competition). The present study investigated the effect of decreased energy intake during hot summer on athletes' physique, energy expenditure and/or thyroid hormones.

【Methods】

Forty two males of high school baseball team in Hokuriku area, Japan, participated in this study. The nutrition survey, physical measurements and activity records were investigated in April, July, and December. Nutrition survey was calculated from the dietary records continuously for three days by food weighing method. Nutritional value calculation was estimated by the Excel Eiyokun (Ver.4.5). Total energy expenditure (TEE) was estimated from activity records and energy balance was determined from energy intake and TEE. The physical measurements (MAC: Midarm circumference and Calf circumference) were measured by the Nutrition Assessment Kit (Abbott Japan Co, LTD.). Furthermore, the resting energy metabolism (REE) was measured by the expired gas analysis. Thyroid hormones were assayed respectively T3 and FT3.

【Results】

About 70 % of the baseball players showed reduction of energy intake in summer. It is recognized that there were two groups, that is, a group that energy intake was decreased in summer (L) and another was not decreased in the same summer (H). Since high school baseball players are used to escalate their training in summer, their

TEE was usually increased in L- and H-group during summer season. Thus, the energy balance of L group was largely decreased by about (-)700 kcal, but that of H group was slightly negative. In L group, body weight and MAC were significantly decreased by 1.7 % and by 3.6 %, respectively. On the other hand, the decrease of physical measurements is 1-2 % in H group. Thus, a large negative energy balance affected the physique negatively. From energy composition of diet, it seems that L group had high carbohydrate energy diet and H group had high fat energy diet. There was a significant positive correlation between the energy intake and each of the nutrient intakes.

The REE was decreased in summer but increased in winter in L- and H-group. Especially, the REE changed significantly in L group. Therefore, it was suggested that energy intake decreased in summer could be related with reduction of REE in L group. T3 and FT3 increased in summer and increased more significantly in winter. There is no significant relationship between thyroid hormones and REE, but it is suggested that increase of REE in winter might be related with increase of FT3 in winter.

【Conclusion】

Decrease of energy intake in summer indicated a large negative effect on physique such as body weight, MAC. The decrease of energy intake in summer seems to be related with reduction of REE. The relationship between thyroid hormones and REE was not estimated in summer but recognized in winter.

目 次

緒論	1
本 論	
第 1 章 高校野球選手の栄養状態および身体状況の現状	
緒言	3
1. 方法	
(1) 対象者および調査期間	8
(2) 身体計測	8
(3) 食事調査	8
(4) 生活時間調査	8
2. 結果	
(1) 身体計測値	9
(2) エネルギー・栄養素摂取量	9
(3) エネルギーと各種栄養素摂取量との相関関係	10
3. 考察	13
第 2 章 夏季環境下における高校野球選手の食物摂取の減少と体格への影響	
緒言	16
1. 方法	
(1) 対象者および調査スケジュール	17
(2) 食事調査	17
(3) 身体計測	17
(4) 生活時間調査	17

(5) 統計処理	17
2. 結果	
(1) エネルギー摂取量の季節変化	20
(2) エネルギー構成 (PFC) 比率	20
(3) エネルギー消費とエネルギーバランス	21
(4) 身体計測値の夏季の変化	21
3. 考察	
(1) エネルギー摂取量の季節変化とエネルギー消費について	
1) エネルギー摂取量の季節変化	25
2) 総エネルギー消費量 (TEE)	26
(2) エネルギー (E) バランスと体格変化について	26
第3章 夏季にエネルギー摂取が減少する食事区分について	
緒言	28
1. 方法	28
2. 結果と考察	
(1) エネルギー摂取量の変化	28
(2) 食事区分 (朝・昼・夕・間食) 別のエネルギー・マクロ栄養素摂取量	29
(3) 夏季の有効な栄養指導について	30
第4章 食物摂取とエネルギー代謝との関係	
緒言	34
1. 方法	
(1) 対象者および調査期間	34
(2) 食事調査	35

(3) 安静時エネルギー代謝(REE)および呼吸商(RQ)測定	35
(4) 血液検査(血液学・生化学検査および甲状腺関連検査)	35
(5) 統計処理	36
2. 結果	
(1) 食事調査(E摂取の季節変化・PFC比率)	36
(2) 血液学・生化学検査および甲状腺関連検査の変化	36
(3) REE および RQ の変化	37
3. 考察	37
第5章 栄養学的介入による改善効果について	
緒言	44
1. 方法	
(1) 対象者および調査期間	45
(2) 食事調査	46
(3) 身体計測	46
(4) 血液検査(血液学・生化学検査)	46
(5) 栄養状態の判定と介入・目標設定	46
(6) 統計処理	47
2. 結果	
(1) 身体計測値の変化	49
(2) エネルギー・栄養素摂取量の変化	49
(3) 血液学・生化学検査	50
3. 考察	56
第6章 総括	59

引用文献	62
本論文に関する発表論文	68
謝辞	69

緒 論

気候と食物摂取の関係は古くから研究され、気温が高いと食物摂取は少なく、気温が低いと多くなることが報告されている¹⁾。夏季暑熱環境下での食物摂取の減少が起こる要因の一つとして、高温環境下では体温保持のためのエネルギー代謝を増加させる必要がないからといわれている²⁾。夏季の食物摂取の減少は、若年運動選手ではよく経験されることであり、夏季の疲労感や体重減少とともに体調不良の要因ともなっている³⁾。特に高校野球選手では、夏季は甲子園で開催される全国高等学校野球選手権大会への出場に向けて集中して練習が行われる時期であり、暑熱環境や運動負荷による生体負担は大きいことが報告されている⁴⁾。そうしたオンシーズン中にエネルギー摂取が減少すると、体格に大きく影響を及ぼすことが想像されるが、高校野球選手の夏季の食物摂取の変化については報告があまりなく、夏季対応への不安は大きい。

スポーツ選手のような体脂肪率の低い体組成の場合、体重が減少すると、筋量の減少が起こると言われ^{5,6,7)}、身体組成にも大きく影響を及ぼす。運動選手において筋量の減少は、筋力の低下を招くだけでなく、そこに蓄積するグリコーゲンも少なくなり、競技力や持久力の低下を引き起こす^{8,9)}可能性が高くなる。しかし、熱中症予防対策と比べると夏季暑熱環境下の食物摂取の減少への共通した対策はなく、競技の現場に任されている状況である。夏季の暑熱環境下で、食物摂取が減少するとエネルギーだけでなく他の栄養素の不足も招き栄養状態が低下してしまう¹⁰⁾。運動選手にとって適切な栄養摂取は、競技力向上のための体づくり・体力づくりだけでなく、健康な発育・発達にも重要であり、エネルギーや栄養素が不足しないよう注意を払わなければならない。本研究はそうした選手たちの栄養学的夏季対応のための一助となる研究である。

本研究では、高校野球選手を対象として、夏季暑熱環境下における食物摂取の変化が体格に及ぼす影響および食物摂取とエネルギー代謝との関連について栄養学・生理学・生化学的な観点から調査研究を行った。また食物摂取の減少を招かないようにするための栄養教育・指導などを行い、その効果を明らかにした。

第1章では、対象者のエネルギー・栄養素摂取や体格を調べるため、食事調査や身体計測、生活時間調査を行った。また、摂取エネルギーと総消費エネルギーからエネルギーバランスを算出した。運動者のエネルギー・栄養素摂取量についての評価は先行研究¹¹⁾や日本体育協会の目標値¹²⁾を参考値として用い、現状を解析した。

第2章では、夏季暑熱環境下での食物摂取の減少が身体状況へ及ぼす影響を調べるため、春・夏・冬季にわたり食事調査、体重、BMI、上腕周囲長などの身体計測を行った。また、総消費エネルギー量を生活時間調査により計算し、食事調査から得たエネルギー摂取からエネルギーバランスを求めて、身体計測値への影響を明らかにした。対象者は、夏季にエネルギー摂取が減少した選手と、減少しなかった選手の2群に分けて比較検討した。

第3章では、夏季のエネルギー摂取の減少がどの食事区分（朝・昼・夕・間食）で起こったかを調べ、夏季の食物摂取を減少させない取り組みを考えた。

第4章では、夏季の食物摂取の変化を、生理学的に検討するため、安静時代謝量と甲状腺ホルモン（T3、FT3）を測定して関連について論じた。

第5章では、夏季の栄養状態の低下と体格の減少を防ぐことを目的として、栄養介入を行い、改善効果を明らかにした。

第 1 章 高校野球選手の栄養状態および身体状況の現状

緒言

運動選手にとって栄養は、運動により消費するエネルギーや栄養素の補充のためだけでなく、体づくり、体力づくりにおいて、さらにはコンディションの調整・管理、競技パフォーマンス向上に必要不可欠なものである^{13,14)}。特に青少年の時期は、成長期でもあり、エネルギーや栄養素が不足しないよう注意を払う必要がある¹⁴⁾。日本人ジュニア選手の栄養状態を中国人選手と比べた先行研究では、日本人選手のエネルギー・栄養素摂取量は相当低く、体重当たりのエネルギー摂取量では中国人選手の 50～60 %しか取っていないことが報告されている¹⁵⁾。このように日本人選手の栄養状態は外国の選手と比べると低いが、若年運動選手の栄養状態を調査した研究はまだ少なく¹⁰⁾、選手たちの栄養への意識や関心も低いと言われている¹⁰⁾。

運動選手にとってエネルギーの確保は最も重要であり、エネルギーが不足すると身体組成にも影響を及ぼす。また、エネルギー不足は、他の栄養素の不足も招くので¹⁶⁾、少なくともエネルギーバランスが負にならないよう栄養状態を保つ必要がある。なぜなら、どのような運動であってもヒトの動作は骨格筋の収縮によって行われ、筋収縮のためのエネルギーは ATP であり、そのエネルギー源は摂取する食物に由来するからである。筋収縮のエネルギー源は主に炭水化物（糖質）と脂質であり、特に炭水化物は運動パフォーマンスに大きな影響を及ぼすことが古くから知られていた。すなわち激しい運動を行わせると炭水化物に富む食事は、持久力を向上させることが観察されていた^{8,16)}。Christensen と Hansen は呼吸交換比（CO₂/O₂: RQ）を用いて、骨格筋の主要なエネルギー源が炭水化物であることを初めて明らかにした¹⁷⁾。その後、Bergstrom らは、筋のニードルバイオプシー（生検）実験により、筋グリコーゲン量と持久力の関係を調べた⁸⁾。実験では、同一被験者に対して高炭水化物食、高脂肪食、混合食の 3 種の食事をそれぞれ摂取させて 75 %の VO₂max の運動強度で疲労困憊に至る時間を測り、同時にニードルバイオプシーで得た筋のグリコーゲン濃度を定量した。その結果、筋グリコーゲン量が多いほど運動持

続時間が長くなること、グリコーゲンを高める食事は高炭水化物食であることを明らかにした⁸⁾。また、筋グリコーゲンの枯渇は筋疲労とも一致するので^{9,18)}、炭水化物が運動パフォーマンスに果たす役割は大きい。こうした持久性運動パフォーマンスを高める食事として、高炭水化物食が用いられるようになり、スポーツ栄養では55~60%のエネルギーを炭水化物から摂取することが薦められている¹²⁾。

本研究では、若年運動選手の栄養状態を調査し運動パフォーマンス向上のための食生活改善を図ることを目的として、対象に高校野球選手を選んだ。野球は高校生が行うスポーツのうちで最もよく知られている競技種目の一つであり、また、古くから一般に親しまれている競技だからである。さらに高校野球選手の生活状態や練習時間等については、全国の高等学校硬式野球部（高校野球部）を統括している公益財団法人日本高等学校野球連盟（高野連）により実態調査がなされており、活動状況が捉えやすい。高野連の加盟校は全国で4048校、選手数は16万人を超える¹⁹⁾（平成25年度調査結果）（Table 1-1）。高校在学中の男子生徒は約170万人であるので²⁰⁾、そのうちの約10%が部活動として野球をしていることになり、競技人口は多いといえる。野球は、その技術的要素として、走力・投力・打撃力・守備力の占める割合が高いと言われており²¹⁾、そのため選手たちは、技術取得を目指して、一般的に練習時間が長くなると言われている。高野連の実態調査によると¹⁹⁾、野球部の練習日数は、6日/週以上練習するのは97%であり、日曜日を除いてほぼ毎日練習していることがわかった。1日の練習時間は、平日は2時間未満：7%、2時間以上：93%であったが、2時間以上のうち4時間未満：77%であった。日曜・休日の場合は3時間未満：2%、3時間以上：99%であったが、3時間以上のうち7時間未満：66%であった（Figure 1-1）。したがって、練習日数が多いだけでなく、長時間にわたる練習が行われていることがわかった。これらの練習時間は、室内練習場やグラウンドの照明などの設備が充実している場合には、さらに長時間となる傾向が示されていた。なお、当該調査におけるアンケートの回収率は常に約90~100%と高く、信頼できる実態調査である。

また、食生活に関する項目では、「食事・栄養の指導をしている」のは67%、「間食を毎

日取り入れている」のは 29 % であり、いずれの回答も 10 年前より増加していた¹⁹⁾。近年、高校野球の現場でも技術だけでなく、栄養摂取による体作りの重要性が次第に認識されているようである。しかし、高校野球選手の栄養状態は、必ずしも良好ではないようである²²⁾。栄養状態が改善されないまま部活動が続けることによる弊害は技術習得のみならず貧血発症等²³⁾の健康面にも及ぶことが予想されるので、まず、栄養状態を調査して現状を知ることが重要である。

本研究では、活発に運動して活躍している高校野球選手を対象として、食事調査を行い栄養摂取の現状を調べた。摂取エネルギーと消費エネルギーとの差からエネルギーバランスを計算し、また先行研究や日本体育協会の目標値を参考値としてエネルギー・栄養素摂取の現状を評価した。

Table 1-1 Number of federation school members and players of high school baseball club.

year	total number of players	number of school	average number of players/school
2009	169,499	4,132	41.0
2010	168,488	4,115	40.9
2011	166,925	4,090	40.8
2012	168,144	4,071	41.3
2013	167,088	4,048	41.3

Data source: Statistic of high school baseball players by Japan High School Baseball Federation, 2013¹⁹⁾.

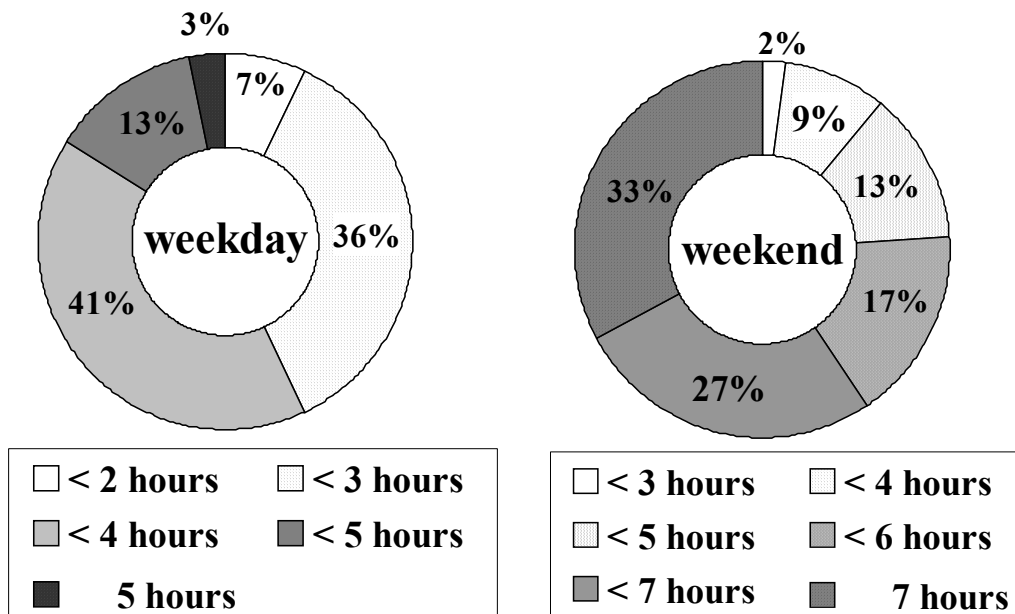


Figure 1-1 Exercise training time on weekday and weekend (2013).

Data source: Life style survey in high school baseball players by Asahi Shimbun and Japan High School Baseball Federation, 2013¹⁹⁾ .

The Japan High School Baseball Federation conducted a survey of the 4,032 federation schools.

1. 方法

(1) 対象者および調査期間

対象者は、北陸地方の A 高校硬式野球部に所属する男子生徒 42 人(1 年生 21 人, 2 年生 21 人)であり, 平均年齢は 16.5 ± 0.1 歳である。調査は 2008 年 4 月中旬の平日に行った。なお, 本調査については「神戸女子大学・ヒト研究倫理委員会」の承認(承認番号 19-4)を得るとともに, 選手及び保護者に調査目的と方法を説明し文書による同意を得て実施した。

(2) 身体計測

身体計測は, 身長および体重を測定した。身長は 2008 年 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)) を用いて測定した。

(3) 食事調査

食事調査は, 秤量記録法^{24,25)}により行った。対象者の保護者にあらかじめ記録用紙を配布し, 連続した 3 日間の朝・昼・夕・間食で使用する食材を秤量して記入するよう指導した。また, 市販の加工食品・調理済み食品を摂取した場合には, その商品名と栄養表示に記載してある栄養成分を記入させた。記録用紙を回収する際, 記入漏れがないようにした。記入漏れがあった箇所はその場でフードモデルを用いるなどし, できるだけ正確な情報を得るようにした。栄養計算は, エクセル栄養君 Ver.4.5 (建帛社) を用いて, エネルギーおよび各種栄養素の摂取量を算出した。

(4) 生活時間調査^{26,27)}

生活時間調査は総エネルギー消費量を計算するために行った。まず, 食事調査期間の 1 日の生活活動を, 所定の記録用紙に 1 分単位で記入させた。記録された生活活動を行動別に整理し, その行動時間と個々の動作強度 (activity factor) から行動別にエネルギー消費量を求め総エネルギー消費量 (TEE: total energy expenditure) を算出した^{28,29)}。

2. 結果

(1) 身体計測値

対象者の身長，体重の平均値は，国民健康・栄養調査（2008 調査結果：16～18 歳）³⁰⁾の身長 169.6～172.1 cm に比べて高く，また体重 58.6～62.8 kg に比べて重かった。同様に，先行研究の選手 285 人の調査結果と比べても，身長は 2.5 cm 高く，体重は 3.5 kg 重かった。結果として対象校の選手の BMI は，先行研究のそれよりもやや大きかった（Table 1-2）。しかし，甲子園出場選手の体格と比較すると，身長は 1.5 cm 低く，体重は 4 kg 軽かった。対象校の BMI は甲子園出場選手のそれよりも小さくなり，体格は小さかった。さらに，対象校の選手のうちで BMI 値が 22 未満の選手は 21 人であり，全体の 50 %であった。

(2) エネルギー・栄養素摂取量（Table 1-2）

エネルギー・栄養素摂取量の調査結果の評価にあたり，参考値として海老ら¹¹⁾の先行研究の調査結果と日本体育協会¹²⁾の目標量を用いた。海老らの数値¹¹⁾は全国の高校野球部から 285 人を抽出して調査した数値であるので高校野球選手の栄養実態調査としては現状をもっともよく反映しているものと見なすことができる。また，運動選手の栄養摂取基準は日本人の食事摂取基準では定めていないので，日本体育協会のエネルギー摂取量は体重の変化を指標にしてトレーニング量によるエネルギー消費に見合っ調整するとしていることを参考とした。栄養素摂取量は同じく日本体育協会のエネルギー別の目標量を参考値とした。

対象者のエネルギー（E）摂取量は，先行研究のそれよりも高かった。また，生活時間調査から計算した総 E 消費量を摂取量から差し引いて対象者の E バランスを求めると，正になり，エネルギーは平均値としては適切に摂取されているようであった。しかし，個人別の摂取量で見ると，平均値を下回る選手は 42 人中 23 人いた。また，エネルギーバランスが負になった選手は 14 人であり，全体の 33 %がエネルギー不足の状態にあった（データに示さず）。

また、タンパク質、脂質、炭水化物は、先行研究よりもやや高く摂取しているが、体育協会の目標量と比較すると、タンパク質摂取量はやや低かった（Table 1-2）。他に目標量と比べて明らかに低かったのは、カルシウム、ビタミン B1、B2 であった。鉄は先行研究よりもやや高く摂取しており、また目標量の範囲内であった。

対象者のエネルギー構成比率は先行研究および日本体育協会の参考値¹²⁾とほぼ等しく、総エネルギーに対してタンパク質：約 14 %；脂肪：約 27 %；炭水化物：約 57 %であった。

（3）エネルギーと各種栄養素摂取量との相関関係（Table 1-3）

エネルギー摂取量と各種栄養素摂取量との間には、有意な正の相関関係があり、エネルギー摂取量が多いと、タンパク質や脂質、炭水化物などのマクロ栄養素や、鉄、カルシウムなどのミクロ栄養素も多く摂取できることがわかった。逆に少ないと各種栄養素の摂取が低くなることがわかった。

Table 1-2 Physical measurements and energy and nutrient intakes in high school baseball players (means \pm SE).

Parameters	A high school ^{a)}	Ebi, et al ^{b)}	reference value JSA ^{c)}	K T ^{d)}
Physical measurements				
Height (cm)	172.8 \pm 0.9	170.4	—	173.3
Body Weight (kg)	65.8 \pm 1.4	62.3	—	69.9
BMI (kg/m ²)	22.0 \pm 0.3	21.4	—	23.3
Energy intake (kcal/day)	3654 \pm 104	3495	3500	—
Nutrient intake				
Protein (g)	125.4 \pm 4.8	120.7	130	—
Fat (g)	109.8 \pm 4.8	104.3	105	—
Carbohydrate (g)	519.7 \pm 14.7	496.6	500	—
Calcium (mg)	774 \pm 51	829	1000- 1200	—
Iron (mg)	11.1 \pm 0.5	10.4	10- 15	—
Vitamin B ₁ (mg)	1.8 \pm 0.1	1.7	2.1- 2.8	—
Vitamin B ₂ (mg)	1.9 \pm 0.1	2.1	2.1- 2.8	—
Vitamin C (mg)	165 \pm 28	136.0	100- 200	—
P (%)	13.7 \pm 0.3	13.8	15	—
F (%)	26.9 \pm 0.7	26.8	27	—
C (%)	57.1 \pm 0.8	56.9	58	—
Total energy expenditure (kcal/day)	3339 \pm 75			

^{a)} A high school: Data from the present study (n=42).

^{b)} Ebi, et al: Preceding study (n=285) ¹¹⁾.

^{c)} JSA: Japan Sports Association ¹²⁾

^{d)} KT: Data from Kosien Tournament in Japanese high school baseball players (n=882).

BMI: Body Mass Index

P (%): Protein energy ratio

F (%): Fat energy ratio

C (%): Carbohydrate energy ratio

Table 1-3 Correlations between the energy intake and each of the nutrient intakes.

	Nutrient intake	n	r	p
Energy intake (kcal)	Protein (g)	42	0.850	< 0.001
	Fat (g)	42	0.749	< 0.001
	Carbohydrate (g)	42	0.868	< 0.001
	Iron (mg)	42	0.553	< 0.001
	Calcium (mg)	42	0.700	< 0.001
	Vitamin B₁ (mg)	42	0.669	< 0.001
	Vitamin B₂ (mg)	42	0.776	< 0.001

Statistically significant difference at $p < 0.01$ by Pearson's correlation. There were significantly positive correlations between the energy intake and each the nutrient intake. When the energy intake was decreased, macronutrient (protein, fat, and carbohydrate) and micronutrient (iron, calcium, vitamin B₁ and vitamin B₂) were decreased.

3. 考察

対象者の身長，体重は，国民健康・栄養調査の高校生に比べると身長は高く，体重は重かった。運動選手が一般高校生に比べて体格が良いことは予想したとおりであるが，全国から抽出した高校野球選手1年生の調査値¹¹⁾と比べて身長，体重ともにやや大きめであり，高校野球選手として良い体格をしているといえる。しかし，その先行研究の対象者が1年生選手であるのに対して本研究の対象者は学年が1，2年生の混合であるので，体格が優れているのは成長による増加が含まれるからだろう。また，甲子園出場選手の体格と比較すると，対象者の身長，体重は小さく，体格は大きくはなかった。野球選手の体格と野球技術との関係について，体格が野球の投げる，打つといった技術的要素すべてに関係するわけではないが，素早くボールを打つバットスウィングスピードが体力要素と関係することが報告されており³¹⁾，バッティングスピードが速い選手ほどバッティング能力に優れていると言われている^{32,33)}。甲子園出場選手は，こうした野球技術能力や体格があって勝ち進んできたと思われるので，当該調査校の選手たちが甲子園出場に向けて勝ち進むには，技術力トレーニングとともに，体格を一定水準に引き上げる体作りをすることは必要であろう。なお，本調査では，高校の部員42人全員を対象者としたが，この部員数は，高野連の実態調査にある平均部員数にほぼ等しかった（Table 1-1）。また，対象校では，部活動は週に6～7日行われており，練習（運動）時間は平日3.5時間，休日6～7時間未満であった（データには示さず）。したがって，高野連加盟校のなかでも練習日数，練習時間は多い方であり（Figure 1-1），対象校は，高校硬式野球の中でも活動量が多い野球選手の実態を反映していると言えよう（Table 1-2）。

体格向上には十分なエネルギー，栄養素の摂取が必要である。対象者の栄養状態は，摂取エネルギーの平均値は285人を対象とした選手と比べて，高い傾向にあったが，体重あたりでは，対象校：55 kcal/kg BWであり，先行研究では56 kcal/kg BWであり，一般的日本人のエネルギー消費量（30～45 kcal）よりも高く，また運動選手の45～70 kcalのエネルギー消費量の範囲内であった¹²⁾。

エネルギー摂取量は適正な体格を保持し、体重の変化を指標としてトレーニング量によるエネルギー消費に見合って調整することが重要であるとされている。E 摂取量を E 消費量との E バランスから評価すると、対象者のエネルギー消費量は摂取量よりも低く、エネルギーバランスは (+) 315 kcal となり、平均値からは栄養状態は良好であると評価された。しかし、個人別の E バランスでは、42 人中 14 人が負の E バランスを示しており、全体の 33 % において栄養摂取が不足していると評価された。したがって平均値から見て栄養状態が良好であったとしても、個人別の栄養状態を示して栄養問題を個人レベルで明らかにすることが必要である。また、栄養状態を BMI から見ると、平均値からは良好に見えるが、個人別にみると、BMI < 22 のものが、21 人であった。つまり、対象選手の体格にはばらつきがあり、50 % の選手は BMI < 22 であり、良好とはいえなかった。そうした良好でない選手が BMI 値 22 を目標として体格改善するなら、チームとして技術力や競技パフォーマンス向上が期待できるかもしれない。

栄養素別では、マクロ栄養素は先行研究よりも高い摂取であったが、日本体育協会の目標量と比較すると、タンパク質の摂取が 5 g 低く、カルシウムは 300 mg ほど低く、ビタミン B1, B2 ではやや低かった。一方、鉄は目標量の範囲内であった。全体としてエネルギー摂取が低いわけではないので栄養素の摂取では極端に低いものはなかった。したがって、栄養素別からは、タンパク質やカルシウムの摂取増加を促すことが栄養改善につながるということがわかった。

一方、対象者の食事エネルギー構成 (PFC) 比率は先行研究および日本体育協会の参考値とほぼ等しく、14 : 27 : 57 % であり、スポーツ選手の食事として望ましいエネルギー構成比率の範囲内であった¹²⁾。したがって、対象者の食事は、いわゆるスポーツ選手の高炭水化物食 (低脂肪食) であり、適切なエネルギー構成比率であった。

以上より、高校野球選手の栄養状態を食事調査や体格から調べたところ、対象者の栄養状態はグループとしては、エネルギーや各種栄養素の摂取量はタンパク質、カルシウム、ビタミン B1・B2 を除いて大体目標量は摂取できていた。しかし、個人別では、エネルギー

ーバランスが負となる選手が 33 %であり、BMI < 22 の選手が 50 %であったことから、選手全員の栄養状態は必ずしも良好ではなかった。こうした、栄養状態の低い選手の栄養改善を行うことができるなら、チーム全員の体格や栄養状態が改善され競技パフォーマンスの向上が期待できると思われた。

第2章 夏季環境下における高校野球選手の食物摂取の減少と体格への影響

緒言

競技者はエネルギー消費に見合うエネルギーを摂取する必要があるが¹⁴⁾、時として食事が十分に取れなくなることがある。たとえば、一過性の運動は、短期的な食欲低下を起こすことが認められている^{34,35)}。また、夏季の暑熱環境下では食欲低下による食物摂取の減少は経験されることである。こうした食欲の低下が起こり、エネルギー摂取が消費を下回ると体内のエネルギー源や体組織が動員される。動員されるのは、貯蔵グリコーゲンや体脂肪・体タンパク質であり、これらの分解によりエネルギーが供給される。こうしたエネルギーの不足が慢性化するなら、トレーニングで鍛え肥大させた筋組織も分解されてしまい競技力にも影響を及ぼしてしまう。実際にエネルギー不足は窒素平衡に影響を及ぼし骨格筋のタンパク質を分解してエネルギーを動員することが、先行研究^{14,36)}で報告されている。筋量の減少は筋力の低下を招くだけでなく、そこに蓄積するグリコーゲンも少なくなり、運動パフォーマンスの低下も懸念されるので、競技者にとっては、避けるべき事態といえよう。

気候と食物摂取の関係は¹⁾、古くから研究されていて自発的なエネルギー摂取は環境温度により幅があるとされ、暑いところでは少なく、寒いところでは多いことが報告されている。その理由の一つとして寒冷地では体温保持のためのエネルギー代謝の増加があるのでエネルギー摂取が高くなるが、高温環境下では体温保持のためのエネルギー代謝を増加させる必要がないからといわれている²⁾。春夏秋冬の四季があり、明確な温度変化がある日本では、夏季の気温上昇とともに食物摂取の低下が起こることは、こうした気候変動が一因かもしれない。しかし、夏季環境下の運動選手、特に高校野球選手の場合、全国高等学校野球選手権大会の地方大会は梅雨明けから始まり、全国大会は、炎天下の暑熱環境下で開催される。そのような暑熱環境や運動負荷により受ける選手たちの生体への負担は大きいことが観察されている⁴⁾。

第1章では高校野球選手たちの食事調査を行った結果、選手全員の栄養状態が良好とい

うわけではなく、不足する者は 33～50 %であった。夏季に食物摂取が減少するなら、選手の栄養状態はさらに低下することが想像されるが、そうした暑熱環境下の食物摂取についての報告事例は少ない³⁷⁾。そのため競技の現場では、熱中症予防策と比べると夏季食欲不振への共通した対応というものはなく、現場に任されている状況であり、選手の体力・競技力の保持のためにも対応策は望まれるところである。

本章では、高校野球選手の春季・夏季・冬季に食物摂取状況について調査し、夏季の食物摂取量の変化が身体状況に及ぼす影響を調べることを目的とし、食事調査、身体計測、生活時間調査を実施した。

1. 方法

(1) 対象者および調査スケジュール

対象者は、第 1 章の通りである。調査は 2008 年 4 月中旬、7 月下旬、12 月中旬の平日に行った (Figure 2-1)。なお、本調査については「神戸女子大学・ヒト研究倫理委員会」の承認 (承認番号 19-4) を得るとともに、選手及び保護者に調査目的と方法を説明し文書による同意を得て実施した。

(2) 食事調査

第 1 章の通りである。

(3) 身体計測

身体計測は、身長、体重、上腕および下腿周囲長を測定した。身長および体重の測定については第 1 章の通りである。上腕および下腿周囲長は計測器具インサーテープ、アボット栄養アセスメントキット (アボットジャパン (株)) を用いた。

(4) 生活時間調査

第 1 章の通りである。

(5) 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，エネルギーバランスの季節間の比較は，反復測定による一元配置分散分析後，有意差がみられたものに対し Tukey の多重比較を行った。2 群間の有意差検定には t 検定を用いた。統計処理ソフトは SPSS Ver.17.0 (日本アイ・ビー・エム (株)) を用いて行い，危険率の有意水準は 5 %未満とした。

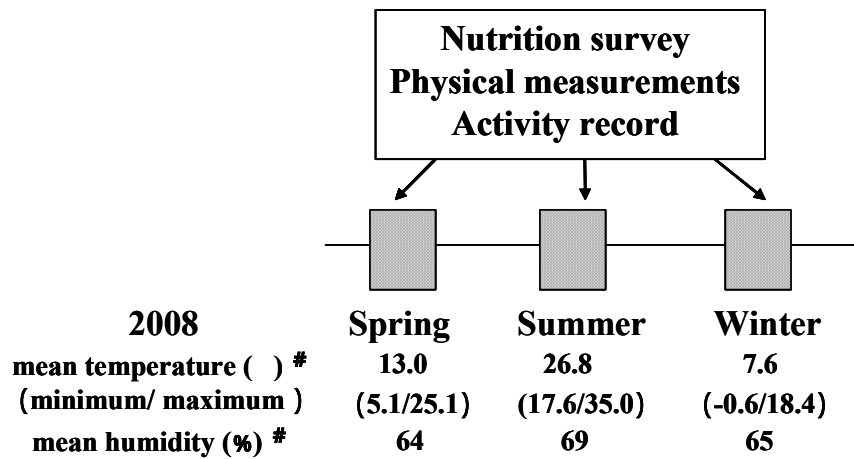


Figure 2-1 Experimental schedule.

Data observed by the Japan Meteorological Agency.

Forty two high school baseball players participated in this study. The nutrition survey, physical measurements, and activity records were done about the subjects three times through an almost year: in April, in July, and in December.

2. 結果

夏季にエネルギー（E）摂取が減少した選手は全体の約 70%であった。摂取されるエネルギーが減少すると各種栄養素の摂取量も減少するので（Table 1-3）、夏季にエネルギー摂取が減少した選手を L グループ、減少しなかった選手を H グループに分けて、身体状況に与える影響を調べた。

（1）エネルギー摂取量の季節変化

春季の E 摂取は、L の方が H より高い傾向であったが、有意な差ではなかった（Table 2-1）。L は、夏季になるとエネルギー摂取は有意に減少し、その減少は約 540 kcal（-14%）であったが、12 月には有意に増加し、回復した。一方、H の E 摂取の変化は、夏季の増加（+320 kcal, 9%）や冬季の減少はあったが、L のそれに比べて変化は小さく有意ではなかった。すなわち L の E 摂取は夏季に減少し、冬季に増加する季節変化があったが、H のそれには季節変化がなかった。また、L と H の夏季の E 摂取には有意差が認められ（ $p < 0.01$ ）、L は H より明らかに低かった。

（2）エネルギー構成（PFC）比率

夏季のエネルギー摂取量の減少を明らかにする為、PFC 比率を計算した。PFC 比率は、タンパク質（P）、脂肪（F）および炭水化物（C）それぞれの由来のエネルギーが、総エネルギー摂取に占める割合である。

L の PFC 比率は春季、夏季では大きな変化はなく P:13~14%、F:26~27%、C:60%であった（Table 2-1）。また、H も L と同様に、春季から夏季にかけては大きな変化はなく、P:15%、F:30%、C:55~56%であった。L も H も春季と夏季では PFC 比率の大きな変化はなく、したがって、L グループの食物摂取量の減少は、PFC 比率が大きな変化をおこさないまま起こっていた。冬季になると、L の F 比率は夏季より有意に高くなり、C 比率は有意に低くなった。冬季の L と H の PFC 比率は、同じような値を示した。

しかし、L と H の PFC 比率はあきらかに差があり、L の炭水化物エネルギー（C）比率は H より有意に高く、L は高炭水化物食（低脂肪食）の傾向であり、H は高脂肪食（低炭

水化物食)の傾向であった。

(3) エネルギー消費とエネルギーバランス

生活時間調査から計算した1日のエネルギー消費量(TEE: total energy expenditure)を示した(Table 2-1)。TEEはLとHいずれも、夏季に有意に増加し、冬季に有意に減少したが、どの季節においてもLとHの差はなかった。

1日のエネルギー摂取から、TEEを差し引いた値をエネルギーバランスとして示した(Figure 2-2)。エネルギーバランスは、春季はLもHも正であったが、夏季になるといずれも負に傾いた。Lでは約(-)700 kcal/dayのバランスであり、かつ有意な減少であった。一方、Hも(-)140 kcalのバランスであったが、減少は小さく、また有意ではなかった。

(4) 身体計測値の夏季の変化

LとHの春季の身体計測値は、体重、BMI(body mass index)、上腕および下腿周囲長には有意な差は認められず、同じような体格であった(Table 2-2)。

夏季になるとLの体重は約1.7%、BMIは約1.8%、上腕周囲長は約3.6%、それぞれ有意に減少した。一方、Hの身体計測値も夏季に体重およびBMIは約1.4%減少し、いずれも春季より有意に減少した。しかし、上腕周囲長の減少は約1.8%にとどまり、有意な減少は起こらなかった。したがって、夏季にはLもHも体重の有意な減少は起こったが、その度合いはLの方が大きく、また有意であった。上腕周囲長は、Lのみ有意に減少した。

LもHも夏季に減少した体重、BMIは、冬季には有意に増加し回復した。一方、下腿周囲長はLもHも夏季の減少はなかった。

Table 2-1 Seasonal variation of the energy intake, the energy constitution (PFC) ratio and total energy expenditure (means \pm SE).

group	n	Parameters	Spring	Summer	Winter
L	28	Energy intake (kcal/day)	3739 \pm 145 ^a	3203 \pm 124 ^{b,**}	3799 \pm 94 ^a
		P (%)	13.8 \pm 0.4	13.1 \pm 0.2	14.1 \pm 0.4
		F (%)	26.3 \pm 0.6 ^a	26.8 \pm 0.8 ^a	29.3 \pm 0.7 ^b
		C (%)	59.9 \pm 0.8 ^{a,**}	60.2 \pm 0.8 ^{a,*}	56.6 \pm 0.9 ^b
		TEE	3390 \pm 97 ^a	3857 \pm 88 ^b	3667 \pm 95 ^c
H	14	Energy intake	3486 \pm 130	3802 \pm 169	3664 \pm 127
		P (%)	14.5 \pm 0.5	14.5 \pm 0.7	14.7 \pm 0.5
		F (%)	29.9 \pm 1.7	30.5 \pm 1.7	29.2 \pm 0.9
		C (%)	55.6 \pm 1.5	55.0 \pm 2.0	56.1 \pm 1.1
		TEE	3237 \pm 120 ^a	3950 \pm 149 ^b	3730 \pm 136 ^c

L: The group that energy intake decreased in summer.

H: The group that energy intake did not decrease in summer.

P (%): Protein energy ratio

F (%): Fat energy ratio

C (%): Carbohydrate energy ratio

TEE: Total Energy Expenditure. TEE was estimated from activity record method.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, statistically significant difference between L and H groups (t -test).

^{a,b,c} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

Energy intake of L was significantly decreased in summer than in spring but that of H was not changed. PFC of L and H groups were not changed in spring and in summer that is energy intake was decreased in L group, keeping PFC ratio. The carbohydrate energy ratio was significantly higher in L than that in H. TEE of L and H was significantly decreased in summer than in spring.

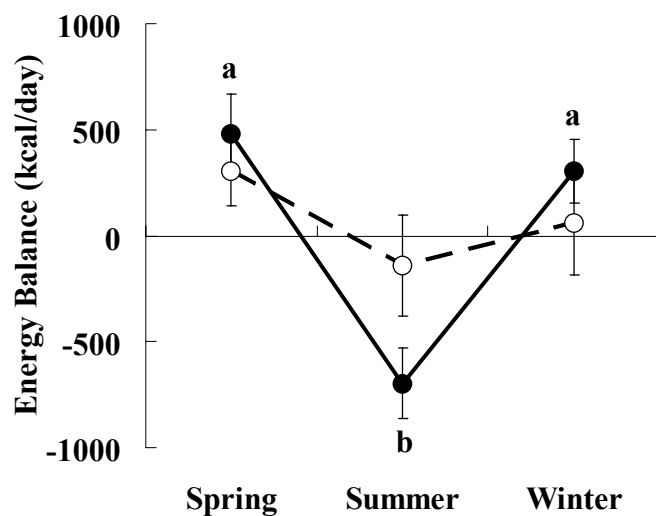


Figure 2-2 Energy balance (means ± SE).

- : L: The group that energy intake decreased in summer (n=28).
 - : H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=14).
- Energy balance = Energy intake – Total energy expenditure

^{a,b} Different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test. The energy balance was slightly positive level in L and H in spring, but the balance was shifted to negative level in summer. L group that energy intake decreased in summer in particular was meaningful showing about (-)700 kcal.

Table 2-2 Changes of physical measurements in L and H groups (means \pm SE).

group	n	Measurements	Spring	Summer	Winter
L	28	Body Weight (kg)	65.5 \pm 1.7 ^a	64.4 \pm 1.6 ^b	67.1 \pm 1.6 ^c
		BMI (kg/m ²)	21.9 \pm 0.4 ^a	21.5 \pm 0.3 ^b	22.4 \pm 0.3 ^c
		MAC (cm)	27.6 \pm 0.4 ^a	26.6 \pm 0.4 ^b	27.0 \pm 0.4 ^b
		CC (cm)	39.6 \pm 0.5 ^a	39.9 \pm 0.5 ^{ab}	40.3 \pm 0.5 ^b
H	14	Body Weight (kg)	66.3 \pm 2.4 ^a	65.4 \pm 2.3 ^b	68.1 \pm 2.3 ^c
		BMI (kg/m ²)	22.1 \pm 0.6 ^a	21.8 \pm 0.6 ^b	22.7 \pm 0.6 ^c
		MAC (cm)	27.6 \pm 0.5	27.1 \pm 0.7	26.8 \pm 0.5
		CC (cm)	39.3 \pm 0.6 ^a	39.6 \pm 0.6 ^a	40.1 \pm 0.6 ^b

L: The group that energy intake decreased in summer.

H: The group that energy intake did not decrease in summer.

BMI: Body Mass Index

MAC: Midarm Circumference (Right arm)

CC: Calf Circumference (Right leg)

^{a,b,c} Different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

In summer, body weight, and BMI were significantly decreased in both groups of L and H but MAC was significantly decreased in only L group. Therefore, physical parameters were much affected in L by negative energy balance in summer. There was no significant difference in physical measurements in L and H groups.

3. 考察

夏季暑熱環境下では食物摂取が減少することはよく知られている¹⁾が、高校野球選手を対象として春夏冬に亘る食事調査を行ったところ、夏季にエネルギー（E）摂取が減少した者の割合は約 70 %であった。先行研究^{10,16)}でも報告されているが、本研究でも食物摂取が減少するとエネルギーだけでなく、各種栄養素の摂取も減少した（Table 1-3）。

本章では、夏季の食物摂取の減少が身体状況に及ぼす影響を調べることを目的としているので、夏季に E 摂取が減少したグループを L、減少しなかったグループを H とし解析を行った。

（1）エネルギー摂取量の季節変化とエネルギー消費について

1) エネルギー摂取量の季節変化（Table2-1）

L と H の E 摂取は春季には差がなかった。夏季になると L では有意に減少し、H と比べて有意に低値（ $p < 0.01$ ）となった。しかし、冬季になると、L の E 摂取は有意に増加し回復して H との差がなくなった。したがって、L の E 摂取は夏季に減少し、冬季に増加し、明らかな季節変化があった。一方、H の E 摂取は、季節を通じてあまり変化しないことがわかった。そこで、L や H の食習慣をエネルギー構成（PFC）比率から調べた。L の脂肪の総エネルギー量に占める割合（脂肪エネルギー比率：F 比率）は春季・夏季ともに約 26 %であるが、H のそれは約 30 %であり、食事のエネルギー構成比率が明らかに異なっていた。このことから L は高炭水化物食（低脂肪食）をとる習慣があり、逆に H は低炭水化物食（高脂肪食）を取る習慣があることが示唆された。つまり夏季に E 摂取が急激に減少した L は、高炭水化物食であり、F 比率 26 %を保ったまま摂取の減少が起こっていることがわかった。高炭水化物食はスポーツ選手にとっては適切な食事であるが、高脂肪食と比べて半分以下のカロリーしかないため、同等のエネルギーを確保するには、2 倍以上の重量を取る必要がある。このことを考慮すると高炭水化物食は胃への負担も大きいと思われ、高温環境下では、特に影響がしやすいのかもしれない。一方、冬季になると L の F 比率は高くなり H に近づいた。H では PFC 比率は季節による影響をあまり受けずに

年間を通して一定であり、安定して高脂肪食を取っているため、高温環境の影響を受けにくいことが推察された。

なお、本研究では秤量法を原則とした秤量記録法を食事調査法として用いたが、この方法は食品やエネルギー・各種栄養素摂取量が比較的正確に把握できるとされる。また、日常の平均的食生活を把握するために必要な調査日数が、国内外で検討されてきた。統計学的信頼性をもつ食事調査日数は3~5日間であり、この日数であれば日常的な平均エネルギー、炭水化物、タンパク質摂取量を反映すると言われ、またよく用いられている^{24,25)}。このことから本研究で用いた連続した3日間の秤量記録法は、対象者の日常的な食生活を反映していると思われる。

2) 総エネルギー消費量 (TEE)

TEE は生活時間調査記録により算出したが、ここから計算される消費量は、二重標識水法で測定された値を反映する比較的優れた推定法であるとされる^{26,27)}。

TEE は、H も L も、夏季になると有意に増加し、冬季には有意に減少した (Table 2-1)。夏季に TEE が増加する理由として活動時間の増加があげられる。高校野球選手たちの1日は9~15時までの授業と放課後2~3時間の野球部活動(部活動)であり¹⁹⁾、これが春季や冬季の日常的生活活動である。しかし、7月になると夏休みに入るため、授業がなく部活動が主となる。加えて、いわゆる甲子園の地方大会が開始される。そのため夏季には特に練習や試合を激しく行うことによる活動量が増加し TEE は著明に増加すると考えられた。したがって H も L も同じ部に所属するので生活時間調査による E 消費には群間の差がなかったことは当然のことといえる。

(2) エネルギー (E) バランスと体格変化について

こうして得られた総エネルギー消費をエネルギー摂取から差し引いて求めたものが、Figure 2-2 のエネルギーバランスである。E バランスは春季には L も H も正を保持していたが、夏季にはいずれも負に傾き、E 摂取が減少した L では特に大きなマイナス値 (-700 kcal/day)、E 摂取が減少しなかった H では小さなマイナス値 (-140 kcal) であった。

これらの負の E バランスは明らかに体格に影響を及ぼした。L では体重や上腕周囲長は有意に減少し、その減少はそれぞれ約 1.8 %、3.6 %であり、筋力の低下が予測された。H でも体重の有意な減少が起こったが、その減少程度は約 1.4 %と小さく、また、上腕周囲長の減少は 1.8 %に留まり、有意ではなかった。したがって E バランスが大きく負へ傾くと明らかに体格に影響を及ぼした。本研究では、体組成計で LBM (Lean Body Mass: 除脂肪体重) を測定することができなかったが、体重や上腕周囲長の減少は体脂肪率の少ないスポーツ選手の場合、骨格筋量の減少があることが予想できる。Prentice⁵⁾や Forbes⁶⁾らは、減量時に体組成のどの区分が減少するかは、減量前の体組成により決定されるとし、エネルギー制限食の介入試験により減量前に体脂肪量が少ないほど、減量体重に占める LBM の比率が高いことを示した。すなわち、やせた者が減量すると LBM の動員が多いことがわかったが、これはちょうど体脂肪率の低いスポーツ選手に当てはまると言われる⁷⁾。それゆえにスポーツ選手の体重管理は筋量保持として重要であり、その筋量や体重保持のためにはエネルギーバランスを整えることが何より重要となる。

以上より、夏季暑熱環境下でエネルギー摂取が減少すると、エネルギーバランスは負に傾き、体重や BMI、上腕周囲長は有意に減少するが、エネルギー摂取が保たれる場合は、身体計測値も維持されることがわかった。したがって、夏季暑熱環境下のエネルギー摂取の減少は、体格に影響を及ぼすことが判った。

第3章 夏季にエネルギー摂取が減少する食事区分について

緒言

運動選手にとって、栄養状態を適正に保つことは体力の維持や、競技力向上のためにも重要である¹³⁾。しかし、夏季の暑熱環境下では食欲が低下し、食物摂取が減少することが古くから報告され¹⁾、また経験されてきている³⁷⁾。第2章では、そうした夏季の環境下でのエネルギー摂取と身体状況について調査を行ったところ、夏季にエネルギー摂取が減少すると、エネルギーバランスも負に傾き、体重や上腕周囲長は有意に低下し、明らかに体格へ影響を及ぼした。体重や上腕周囲長の減少は、スポーツ選手のような体脂肪率の低い体組成の場合は、筋量の減少が起こるといわれ^{5,6)}、持久力や競技力の低下を引き起こす^{8,9)}可能性が高くなる。しかし、高校野球選手は夏季に集中して試合が行われるため、選手の体力・競技力の保持のためにも対応策が望まれる。

そこで、本章では、夏季環境下における食物摂取の減少について食事区分(朝・昼・夕・間食)から詳細な分析を行い、体格を減少させない為の栄養管理を行いたいと考えた。

1. 方法

第2章で示した通り、夏季にエネルギー摂取が減少したグループ(L)と、減少しなかったグループ(H)について、それぞれの朝・昼・夕・間食(食事区分)別のエネルギー摂取量を計算し、解析を行った。

2. 結果と考察

(1) エネルギー摂取量の変化

LとHのエネルギー摂取の季節変化はFigure 3-1に示す通りである。Lのエネルギー摂取は春季から夏季になると有意に減少したが、冬季には有意に増加し回復した。一方、Hは夏季になるとやや増加し、冬季にはやや減少したが、いずれも有意な変化ではなかった。

LとHのエネルギー摂取は、春季ではLがHよりやや高いものの大きな変化はなく、

夏季になるとLのエネルギー摂取はHよりも有意に減少した。冬季には、LとHは大きな差はなく、同じような摂取を示した。したがって、LもHも春季や冬季には差がなく、夏季においてのみ、Lの摂取量が低下することが示された。

(2) 食事区分(朝・昼・夕・間食)別のエネルギー・マクロ栄養素摂取量

LとHの、朝・昼・夕・間食のそれぞれのエネルギー摂取の季節変化について Figure 3-2 に示し、また、マクロ栄養素の摂取量の変化を Table 3-1 に示した。

Lは夏季に朝・夕・間食のエネルギー摂取の減少はなかった。しかし、昼食では有意に減少し、その減少率は約26%であった(Figure 3-2)。その減少の内訳を、昼食のマクロ栄養素で見ると、タンパク質の摂取は春季に比べて約34%、脂質は約39%、炭水化物は約18%のそれぞれ有意な減少であり、タンパク質と脂質の減少率は、炭水化物の約2倍を示し大きかった。したがって、Lの夏季のエネルギー摂取の減少は昼食で起こり、特にタンパク質と脂質の摂取量が減少していた。しかし、朝・夕・間食のエネルギー・マクロ栄養素摂取では、夏季の有意な減少は起こらなかった。Lの食事記録によると、夏季の昼食は質も量も春季より減少していた。すなわち内容では、そうめんやおにぎり等の炭水化物が中心となり、その結果タンパク質や脂質などのおかずの摂取量も減少していた。また、果物や清涼飲料水・ゼリー飲料などの食べやすい食品の摂取量も増える等、摂取する食品の変化も見られた。このような変化は昼食だけでなく、間食にも現れており、春季にはパンやおにぎり、フルーツやお菓子など、種々の食品が食べられていたが、夏季にはアイスクリームや清涼飲料水など主として水分中心になった。このようにLは、食事記録からも、昼食と間食で炭水化物・タンパク質・脂質の摂取量が減少し、特に昼食では有意な減少が起こっていることが明らかとなった。このように夏季に減少したマクロ栄養素は、冬季には増加し、エネルギー摂取は有意に回復した。

Hは夏季に夕食のエネルギー摂取が増加したが、有意ではなかった。春季の食事と比べると、夏季は内容も量も変化がみられた。食事記録によると、夕食に肉類や魚介類、大豆製品等のタンパク質のおかずの種類と量が増え、また、揚げ物の回数も増えており、これ

らによりエネルギー摂取が増加したと考えられた。

(3) 夏季の有効な栄養指導について

夏季のエネルギー摂取の減少は昼食と間食の摂取内容と量が変化することで起こった。昼食では、そうめんなどの炭水化物が中心となりタンパク質や脂質の摂取量が減少し、間食ではアイスクリームなど水分中心になったことが、食事記録よりわかった。したがって、夏季にできるだけタンパク質、脂質の多い食品を摂取し、特に昼食で、春季と食事内容があまり変化しないようにする栄養指導・教育が望まれる。また、昼食で十分なエネルギーを摂取することが困難な場合、間食の回数を増やすなどの工夫をすることも必要である。

スポーツの現場における選手たちの食事は、競技パフォーマンスの向上を目指し、一般的に、高炭水化物食が推奨されている^{8,9,12,16}。しかし、炭水化物からエネルギーを摂るには、脂質よりも約2倍の重量を摂取する必要があり、不足分を炭水化物で補うなら、選手の胃に大きな負担となってしまう。したがって、夏季の暑熱環境下でエネルギー摂取の確保を目指す場合には、脂質からのエネルギー摂取を少し増やし、脂肪エネルギー(F)比率が30%程度になるよう推奨することも対策になるだろう。なお、F比率30%は、食事摂取基準の目標量の上限值(30%)³⁸付近であり、日本体育協会が示す、運動選手のF比率も25~30%であるので¹²、選手の健康に悪影響を及ぼすほどの高脂肪食ではない。

また、エネルギー摂取が低下しやすい暑熱環境では、持続的トレーニングより技術的トレーニングを行うなど、環境に応じた練習メニューを設定するなど、エネルギーバランスが負にならないような取り組みを行うことも重要である。

以上より、夏季のエネルギー摂取の減少の要因を調べるため、食事区分(朝・昼・夕・間食)別のエネルギー摂取を解析した結果、エネルギー摂取の減少は、昼食のマクロ栄養素、特にタンパク質と脂質の摂取量が減少することにより起こっていることがわかった。したがって、夏季の栄養状態の低下を防ぐためには、昼食の摂取を春季と同等に維持することが有効であると考えられた。

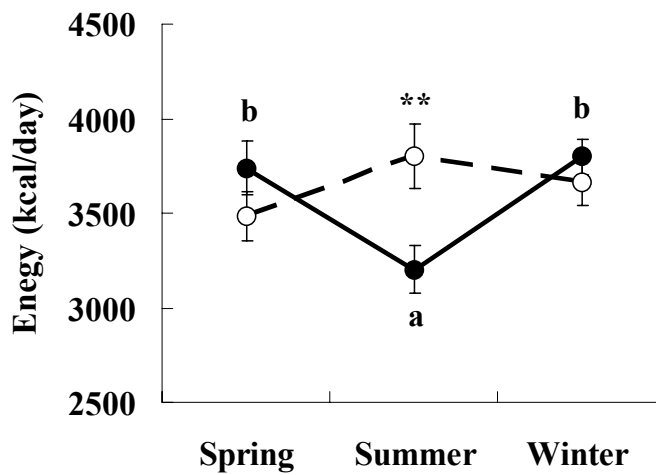


Figure 3-1 Seasonal variation of the energy intake (means \pm SE).

—●— L: The group that energy intake decreased in summer (n=28).

-○- H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=14).

** $p < 0.01$, statistically significant difference between L and H groups (t -test).

^{a,b} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

Energy intake of L was significantly decreased in summer than in spring but that of H was not changed.

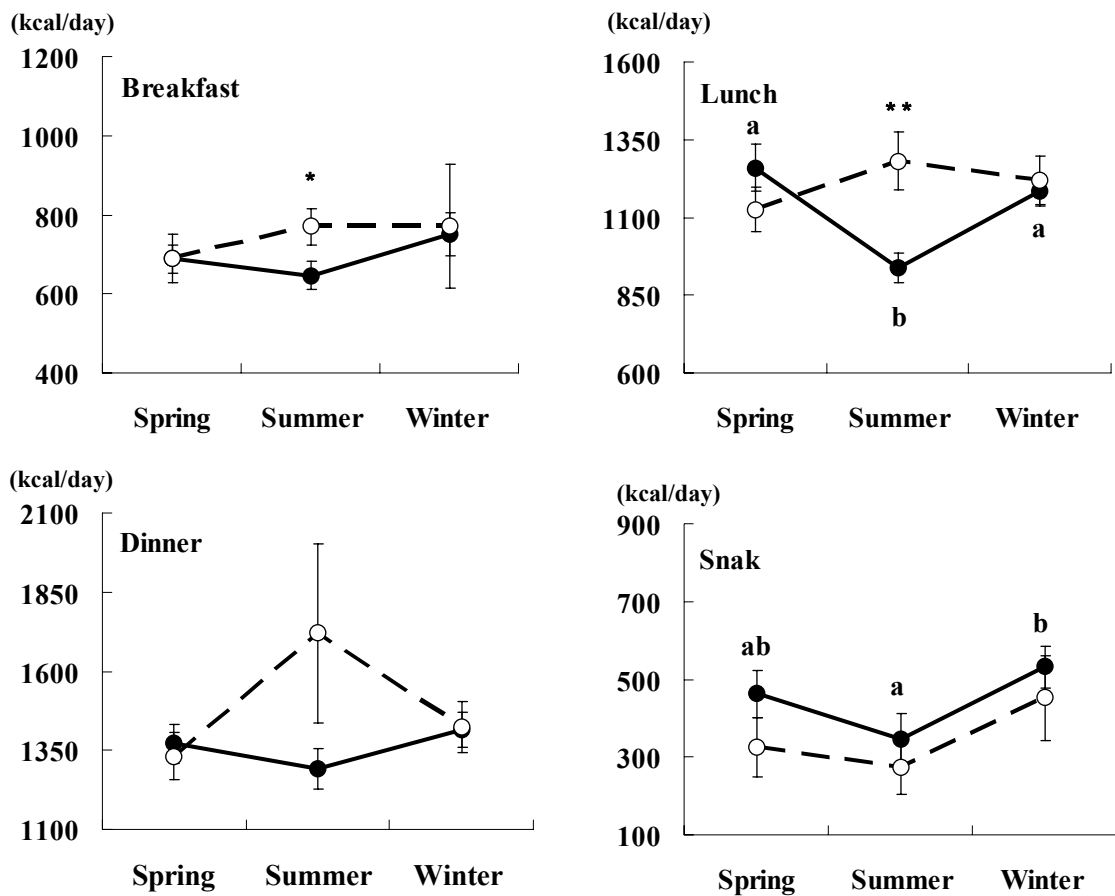


Figure 3-2 Seasonal variation of the energy intake in the breakfast, lunch, dinner and snack (means \pm SE).

- L: The group that energy intake decreased in summer (n=28).
- H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=14).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, statistically significant difference between L and H groups (t -test).

^{a,b} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

The energy intake in lunch of L was significantly decreased in summer than in spring.

Table 3-1 Seasonal variation of the nutrient intakes in section a mealtime (means \pm SE).

group	Nutrient intake (g)	section	Spring	Summer	Winter
L	Protein	Breakfast	21.9 \pm 1.3	19.4 \pm 1.5 *	22.4 \pm 2.3
		Lunch	42.6 \pm 3.2 ^a	28.5 \pm 1.7 ^{b,**}	39.8 \pm 1.6 ^a
		Dinner	52.0 \pm 3.6 ^a	46.3 \pm 3.0 ^a	60.2 \pm 3.4 ^b
		Snack	11.6 \pm 1.6	9.1 \pm 2.0	11.3 \pm 1.3
	Fat	Breakfast	19.3 \pm 1.8	17.6 \pm 1.9 *	21.1 \pm 2.3
		Lunch	34.6 \pm 3.0 ^a	21.1 \pm 2.2 ^{b,*}	35.4 \pm 2.2 ^a
		Dinner	40.9 \pm 3.4	41.4 \pm 3.1	47.2 \pm 2.9
		Snack	14.1 \pm 2.1	13.0 \pm 3.1	19.1 \pm 2.4
	Carbohydrate	Breakfast	103.9 \pm 5.9	99.4 \pm 5.1	114.6 \pm 7.6
		Lunch	185.3 \pm 10.3 ^{a,*}	152.2 \pm 9.8 ^b	168.3 \pm 6.4 ^{ab}
		Dinner	189.3 \pm 8.5	175.0 \pm 9.9	177.5 \pm 9.1
		Snack	72.1 \pm 10.4 ^{ab}	48.7 \pm 8.6 ^a	78.5 \pm 7.7 ^b
H	Protein	Breakfast	23.8 \pm 2.2	25.4 \pm 2.2	23.4 \pm 4.2
		Lunch	37.6 \pm 2.6	40.7 \pm 3.5	43.5 \pm 3.3
		Dinner	53.1 \pm 5.0	78.2 \pm 18.8	58.7 \pm 5.5
		Snack	8.1 \pm 2.1	5.4 \pm 1.4	11.6 \pm 3.2
	Fat	Breakfast	21.2 \pm 4.5	23.8 \pm 2.4	19.6 \pm 2.9
		Lunch	36.8 \pm 4.1	39.6 \pm 6.5	35.2 \pm 3.6
		Dinner	42.4 \pm 2.9	61.4 \pm 9.6	48.6 \pm 4.4
		Snack	12.4 \pm 3.1	8.5 \pm 2.1	18.5 \pm 5.7
	Carbohydrate	Breakfast	98.1 \pm 6.7	109.9 \pm 6.5	121.8 \pm 29.1
		Lunch	152.9 \pm 10.7	182.6 \pm 15.8	172.5 \pm 11.2
		Dinner	174.6 \pm 12.6	200.3 \pm 30.0	176.6 \pm 9.4
		Snack	46.4 \pm 11.5	43.9 \pm 12.2	59.8 \pm 12.0

L: The group that energy intake decreased in summer (n=28).

H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=14).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, statistically significant difference between L and H groups (t -test).

^{a,b} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

第4章 食物摂取とエネルギー代謝との関係

緒言

食物摂取の調節はエネルギー代謝（消費）と密接に関係していて、活動量が増加すると食物摂取が増加するとされてきた³⁹⁾。つまり運動により増加したエネルギー消費分は自動的に等価のカロリー摂取が増えて補うという考えである。しかし、最近では食物摂取と運動によるエネルギー代謝とは弱い関係であることが示されている³⁵⁾。本研究でも第2章では夏季に選手の活動量は増加し総エネルギー消費量（TEE）は増加したが、食物摂取は減少しており、活動量の増加は必ずしも食物摂取の増加には結びつかなかった。

一方、気候とエネルギー代謝との関係については古くから研究されていて、基礎代謝（BM: basal metabolism）は夏季に低く、冬季には上昇することが示されている^{40,41)}。夏季に代謝量が少ないことは放熱量が少なくても体温の調節が可能であることを示し、高温環境下での体温調節に有利な適応的变化と考えられている¹⁾。また、BMの季節変動には甲状腺ホルモンが強く影響することが知られており⁴²⁾、高温適応すると代謝量は減少するが、これは甲状腺機能が低下することによるとされている⁴³⁾。

ここでは食物摂取の変化をエネルギー代謝との関連から調べることを目的として同一の対象者について安静時エネルギー代謝の測定を春季・夏季・冬季の各期に行った。また、エネルギー代謝測定時に、甲状腺ホルモンとしてFT4、T3、FT3の測定を行った。

1. 方法

(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19人であり、平均年齢は 16.2 ± 0.1 歳であった。調査は、2011年～2012年の5月中旬、7初旬、12月初旬の平日に実施した。

なお、対象者は第2章と同様に、夏季に食物摂取が減少した選手（L）とそうでない選手（H）に分け、春季・夏季・冬季の各期にわたりエネルギー代謝測定および血清甲状腺ホルモン濃度の測定を行った。

本研究は「神戸女子大学ヒト研究倫理委員会」の承認（承認番号 H21-17, H23-3）を得るとともに、選手及び保護者に調査目的および方法を説明し、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

食事調査は食物摂取頻度調査法として FFQg(エクセル栄養君・食物摂取頻度調査 FFQg Ver.3.0 (建帛社)) を用いて調査した⁴⁴⁾。なお、FFQg は 1 週間の食物摂取頻度の調査であるが、秤量記録法（連続 3 日間の食事記録）と比較し、整合性を調べた。その結果、本研究の対象者については、FFQg と秤量記録法とで得られた摂取量との間には、それぞれエネルギー（ $r=0.931$, $p<0.001$ ）、タンパク質（ $r=0.900$, $p<0.001$ ）、脂質（ $r=0.581$, $p<0.030$ ）、炭水化物（ $r=0.854$, $p<0.001$ ）に、有意な正の相関関係が見られたので、ここでは、FFQg を用いて食習慣、栄養摂取状況を調べることにした。

FFQg の調査は、安静時エネルギー代謝測定前に、対象者および保護者に記入方法について十分に説明した後、用紙を配布し記入後、回収し計算した。

（３）安静時エネルギー代謝（REE）および呼吸商（RQ）測定

安静時エネルギー代謝（REE: resting energy expenditure）測定は、部活動休止日を選んで実施した。REE 測定は昼食後 3 時間後に実施した。昼食後は水以外の飲食を禁止し、激しい運動をさけるよう指導した。対象者を椅座位にて安静にさせた後、マスクを装着して呼吸代謝測定装置（VO2000 エスアンドエムイー（有））により、呼気ガスを 1 分ごとに 15 分間連続分析することによって測定した⁴⁵⁾。測定室の温度は 22～25 であった。

（４）血液検査（血液学・生化学検査および甲状腺関連検査）

対象者は REE 測定後も飲食を禁止して、血液を採取した。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）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（TCho）、血清トリグリセリド（TG）と、血漿グルコースを測定した。甲状腺関連検査では、血清トリヨードサイロニン（T3）、血清遊離トリヨードサイロニン（FT3）、

および血清遊離サイロキシン (FT4) を測定した。分析はエスアールエル (株) に委託し、T3, FT3, FT4 は ECLIA 法 (電気化学発光免疫測定法) により測定した。

(5) 統計処理

第 2 章に示す通りである。

2. 結果

食事調査の結果、夏季に E 摂取が減少した者は全体の約 73 %であった。減少したグループを L, 減少しなかったグループを H とし、PFC 比率や安静時エネルギー代謝 (REE) の季節変化や甲状腺ホルモンとの関連を調べた。

(1) 食事調査 (E 摂取の季節変化・PFC 比率)

L の夏季の E 摂取は、春季と比べて有意ではないものの、約 250 kcal (約 6 %) 減少した (Table 4-1)。H の E 摂取は、夏季の増加や、冬季の減少はあったが、いずれも有意ではなかった。春季の E 摂取は、L の方が H より有意に高かった。

L の PFC 比率は P:13~14 %, F:27~28 %, C:56~57 %であった。L の P 比率が夏季に有意な増加を示すものの、F 比率および C 比率は大きな変化は示さなかった。また、H の PFC 比率は季節による変化はなかった。L の C 比率は H に比べると有意差はなかったが高い傾向であり、第 2 章と同じ結果であった。本章の対象者は第 2 章と比べて、食生活がやや高脂肪食であり、特に L でその傾向が強くなり、F 比率:27.5 %になった。一方、H の F 比率は 29.8 %であり、第 2 章の食事調査で得られた F 比率とほぼ同じであった。

(2) 血液学・生化学検査および甲状腺関連検査の変化 (Table 4-2)

血液学・生化学検査では、L では、夏季に血清フェリチン低下、タンパク濃度上昇が起こった。それ以外の赤血球や血糖値などの測定値には有意な変化がなかった。また、H では季節による有意な変化があったのは血糖値のみであり、春季より冬季は有意に低かった。また、L と H の測定値の差について、冬季のみ RBC, ヘマトクリット値, 血糖値が L は H より高かった。しかし、血糖値は、L も H も空腹時の基準値範囲内 (70-109 mg/dl) で

あった。血液学検査および生化学検査では有意差が見られても変化は小さく、季節やグループ間の変化はいずれも基準値内での変化であり、はずれた測定値を持つ者はいなかった。

一方、甲状腺関連検査は、L では T3 は春季と夏季には変化がなかったが、冬季に有意に増加した。FT3 は夏季に増加し、冬季にはさらに増加し、T3 よりも敏感に変化した。H では、T3 も FT3 も夏季、冬季にはやや増加したが、L のような有意な変化はなかった。FT4 は L も H も季節変化は見られなかった。

なお、対象者の T3、FT3、FT4 の変化は生理的範囲内であり、異常の見られる選手はいなかった。

(3) REE および RQ の変化

REE および RQ の変化を Figure 4-1 に示した。夏季になると H も L も REE は低下したが、有意に低下したのは L であった。その後、L は冬季に有意に上昇し、エネルギー代謝の季節変化が示された。一方、H では夏季に低く冬季に高くなる傾向はあったが、いずれも有意ではなかった。L と H を比較すると、有意ではないが、春季および夏季は H の方が高い傾向であったが、冬季には両群の REE は同じような値になった。

RQ は、L も H も、春季から夏季に有意に減少し、冬季に増加した。

3. 考察

エネルギー代謝の基盤となる基礎代謝は季節変化することが知られているが、高校野球選手の場合は基礎代謝量の測定が困難であったため、安静時代謝量を測定した。日本人の食事摂取基準では安静時代謝量は基礎代謝量の 1.2 倍に換算されている⁴⁶⁾。

L の REE は春季から夏季に有意に低下し (repANOVA, $p=0.001$; Tukey $p<0.01$)、低下率は約 17% であった (Figure 4-1)。しかし、冬季には上昇し、明らかな季節変化が見られた。一方、H の場合も L と同様に夏季に低下したが、統計学的な有意差はなかった (repANOVA, $p=0.191$)。H の夏季の低下に有意差がなかったのは、H の食事が F 比率 30% の高脂肪食の傾向であったことと関係するかもしれない。なぜなら、吉村らは⁴⁷⁾、日

本人には基礎代謝の季節変化が明確に見られるが、カナダ人には見られないことを報告し、その理由を高脂肪食にあるとした。高脂肪食は甲状腺機能を促進するため、年間を通して基礎代謝があまり変化せず、夏季のエネルギー代謝の低下は抑制されるとしている。

エネルギー代謝の季節変化については古くからよく研究されていて、基礎代謝量 (BM) は夏季には低く、冬季には高くなることはよく知られている^{40,41)}。本研究で測定した安静時代謝量も夏季に低下し、冬季には上昇することが示された。大柴⁴⁸⁾は日本人男性を被験者とした実験で、気温が 10℃ 上昇すると BM は 6.6% 低下することを報告している。一方、欧州の大学生を被験者として睡眠時代謝量を調べた研究⁴⁹⁾では冬と夏で気温が 5℃ から 20℃ に上昇すると、4.2% 低下することを認めた。

本研究の場合、夏季の平均気温上昇は約 14℃ であり (Figure 2-1)、その際の REE の低下率は 17% であった。これを見ると先行研究のデータよりも変化が大きかったが、主に屋外で活動する鍛錬された自衛隊隊員の BM の季節変動は 10% 以上あることが観察されている⁵⁰⁾。このことは、屋外での活動が、外気温の影響を強く受け、エネルギー代謝の低下率が大きくなるのかもしれない。

また、REE に係数 0.8 を乗じて BM を計算すると、春季と冬季では 27~30 (kcal/kg BW) となり日本人の同年代の基準値 24~27 (kcal/kg BW)⁴⁶⁾ よりも明らかに大きかった。しかし、夏季では 23~24 (kcal/kg BW) になり、大体において基準値の範囲内といえよう。基準値には季節変化があることが考慮されていないので一概には言えないが、運動選手の方がよく鍛えられていて、除脂肪体重が大きいために、やや代謝量が大きくなると思われた。高校野球選手の BM を二重標識水法により測定した先行研究²⁶⁾でも BM は約 1850 (kcal/day) であるが、本研究の REE (kcal/kg BW) から計算した代謝量は、夏季は少なく 1500~1600 kcal であったが、春季・冬季では 1700~2000 kcal でありほぼ同様の数値を得ることができた。

高校野球選手の場合、活動量が増加する競技シーズンにも関わらず (Table 2-1)、REE は夏季に低下した (Figure 4-1)。このことから、代謝量の低下に伴い、夏季に食物摂取が

減少することが推察された。エネルギー摂取は運動量やエネルギー代謝の変化と関連するが、身体活動が必ずしもエネルギー摂取と常に連動してはいないことが先行研究で示されている³⁵⁾。野球選手と同じ屋外競技のサッカーでも、Ebine ら⁵¹⁾はプロサッカー選手の代謝量を競技シーズン中の秋季に測定して、E 摂取は E 消費より 12 % 低く、消費量に見合った摂取ではなかったことを報告している。E 摂取が消費より少なかったことについては食事の過小申告があると考察されている。また、選手の E 摂取についてオンシーズンはオフシーズンより低くなるとする先行研究があり⁵²⁾、オンシーズンは運動ストレスや競技ストレスなどにより普段よりも食物摂取が減少しやすいかもしれない。さらに夏季高温環境が加わるとその傾向が増強され、活動量に見合ったエネルギーを取ることができなかったことは本研究の結果が示す通りである。また、E 摂取が E 消費よりも低いことについては、食事調査における過小申告があるとしているが、第 2 章の研究結果では春季や冬季には E バランスは正となっているので (Figure 2-2)、少なくとも本調査では過小申告の問題はないと考えている。

これらのことから、夏季の食物摂取の減少は、活動量よりもエネルギー代謝や競技シーズン中のストレス等と関連すると推察された。したがって競技シーズンが夏季と重なると食物摂取の減少が起りやすいといえる。摂取が減少しても、それが長期にならないようにすることが大切である。例えばボリュームのある高炭水化物食が全量摂取できない場合は、胃への負担軽減のためにやや高脂肪食 (F 比率 30 %) を一時的に補食しても良いかもしれない。F 比率 30 % は、食事摂取基準値の目標量 (20 ~ 30 % 未満) の上限付近なので³⁸⁾、決して選手の健康に悪影響を及ぼす食事ではない。オンシーズンや夏季にいつもの食事がとれない場合は、こうした短期の補食でも体重や筋量の減少抑制は期待できよう。ただ、選手たちの食事管理は重要であり、選手個人にまかせてしまうと高脂肪食となりやすいので、スポーツ栄養士や管理栄養士などの栄養介入、指導が必要であろう。

REE と甲状腺ホルモンとの関連では、FT3 の方が T3 よりも敏感に反応した。また、FT3 は L で季節により大きく増減するが、H では変化が小さかった。

REE は夏季に低下したにもかかわらず、FT3 の減少は見られず、L では有意に増加した。しかし、冬季には FT3 が増加して REE も上昇したことから、冬季の代謝量の上昇に FT3 が関与することが示唆された (Table 4-2)。一方、夏季に L の FT3 が有意に増加した理由については不明であるが、環境温度の変化による体温調節では内分泌系は神経系よりも遅れるとされるので⁵³⁾、すでに神経系による代謝低下が起こり FT3 の分泌低下が遅れているのか、あるいは他のホルモン因子の関与があり REE は低下したのかもしれない。

また、動物を用いた研究で高脂肪食は甲状腺ホルモン濃度を高めるとしている^{54,55)}。さらに高脂肪食は T4 から T3 を生成する肝臓の 5'-モノ脱ヨウ素酵素活性を高めることも報告されており^{56,57)}、高脂肪食は甲状腺機能を促進し、エネルギー代謝を亢進すると思われる。したがって高脂肪食を習慣的に取っている H では L よりも REE が、やや高いのは、こうしたことが影響している可能性がある。

先行研究の報告にあるように⁴⁷⁾、習慣的な高脂肪食は甲状腺機能を促進しエネルギー代謝を高めるため夏季の代謝の低下が見られず、代謝の季節変動は小さいのかもしれない。そのため高脂肪食のグループでエネルギー摂取は減少しなかったと推定できる。また、有意差がなかったものの H の夏季の E 代謝の低下傾向は見られた (Figure 4-1)。高脂肪食がエネルギー代謝の低下抑制を通して夏季の食物摂取の減少を抑制することができるかどうかは、さらなる検討が必要である。

Table 4-1 Seasonal variation of the energy intake and the energy constitution (PFC) ratio and energy expenditure (means \pm SE).

group	Dietary energy	Spring	Summer	Winter
L	Energy (kcal/day)	3938 \pm 163 *	3686 \pm 107	3701 \pm 140
	P (%)	12.7 \pm 0.3 ^a	14.1 \pm 0.3 ^b	12.9 \pm 0.3 ^a
	F (%)	28.1 \pm 1.2	27.5 \pm 1.1	27.3 \pm 1.1
	C (%)	57.0 \pm 1.4	56.2 \pm 1.1	57.1 \pm 1.2
H	Energy (kcal/day)	3116 \pm 205	3547 \pm 295	3319 \pm 103
	P (%)	13.6 \pm 1.1	14.9 \pm 0.6	13.3 \pm 0.5
	F (%)	29.2 \pm 1.4	29.8 \pm 1.0	27.7 \pm 1.6
	C (%)	54.9 \pm 2.3	53.1 \pm 1.2	56.6 \pm 1.8

L: The group that energy intake decreased in summer (n=14).

H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=5).

P (%): Protein energy ratio

F (%): Fat energy ratio

C (%): Carbohydrate energy ratio

* $p < 0.05$, statistically significant difference between L and H groups (*t*-test).

^{a,b} Different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test. The nutrition survey was done by FFQg (food frequency questionnaire based on food groups).

Energy intake of L was decreased in summer than in spring but there was not significant difference between them. On the other hand, energy intake of H was not changed in spring, summer and winter. About 73% of the players showed reduction of energy intake in summer, which exactly coincided with the case of chapter 2. The carbohydrate energy ratio was a little, but not significantly, higher in L than that in H.

Table 4-2 Seasonal changes in hematological, biochemical, and thyroid hormonal parameters (means \pm SE).

group	Spring	Summer	Winter	
Hematological				
L	RBC ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	502 \pm 8	507 \pm 11	507 \pm 9 [*]
	Hemoglobin (g/dl)	14.2 \pm 0.5	14.6 \pm 0.4	14.5 \pm 0.4
	Hematocrit (%)	42.9 \pm 1.2	43.7 \pm 0.9	43.6 \pm 0.8 [*]
	Ferritin (ng/ml)	39.9 \pm 6.0 ^a	28.7 \pm 4.2 ^b	31.9 \pm 4.2 ^b
	Biochemical			
	TP (g/dl)	7.2 \pm 0.1 ^a	7.5 \pm 0.1 ^b	7.4 \pm 0.1 ^{ab}
	Alb (g/dl)	4.8 \pm 0.1	4.8 \pm 0.1	4.8 \pm 0.1
	T-Cho (mg/dl)	158 \pm 9	161 \pm 10	163 \pm 10
	TG (mg/dl)	112 \pm 12 ^a	76 \pm 8 ^b	89 \pm 11 ^{ab}
	Glucose (mg/dl)	84 \pm 3	81 \pm 2	82 \pm 2 [*]
Thyroid hormone				
T3 (ng/ml)	1.10 \pm 0.03 ^a	1.15 \pm 0.03 ^{ab}	1.23 \pm 0.04 ^b	
FT3 (pg/ml)	3.50 \pm 0.05 ^a	3.71 \pm 0.06 ^b	4.14 \pm 0.08 ^c	
FT4 (ng/dl)	1.38 \pm 0.03	1.42 \pm 0.04	1.32 \pm 0.05	
Hematological				
H	RBC ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	494 \pm 1	501 \pm 11	481 \pm 4
	Hemoglobin (g/dl)	14.5 \pm 0.2	14.4 \pm 0.1	14.0 \pm 0.1
	Hematocrit (%)	43.1 \pm 0.4	43.1 \pm 0.5	41.7 \pm 0.2
	Ferritin (ng/ml)	34.2 \pm 7.2	29.8 \pm 7.9	37.1 \pm 6.6
	Biochemical			
	TP (g/dl)	7.1 \pm 0.2	7.3 \pm 0.1	7.2 \pm 0.2
	Alb (g/dl)	4.7 \pm 0.1	4.7 \pm 0.1	4.7 \pm 0.1
	T-Cho (mg/dl)	166 \pm 4	161 \pm 4	165 \pm 7
	TG (mg/dl)	74 \pm 10	67 \pm 9	101 \pm 15
	Glucose (mg/dl)	87 \pm 3 ^a	85 \pm 2 ^{ab}	72 \pm 6 ^b
Thyroid hormone				
T3 (ng/ml)	1.20 \pm 0.07	1.23 \pm 0.03	1.25 \pm 0.05	
FT3 (pg/ml)	3.76 \pm 0.14	3.91 \pm 0.12	4.05 \pm 0.18	
FT4 (ng/dl)	1.33 \pm 0.06	1.40 \pm 0.07	1.29 \pm 0.04	

L: The group that energy intake decreased in summer (n=14).

H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=5).

RBC: Red Blood Cell, TP: Total Protein, Alb: Albumin,

T-Cho: Total Cholesterol, TG: Triglyceride,

T3: Triiodothyronine, FT3: Free Triiodothyronine, FT4: Free thyroxine

^{a,b,c} Different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

* $p < 0.05$, statistically significant difference between the L and H groups (t -test).

There was not big changes in hematological and biochemical parameters, although one can see small differences in ferritin, TP, and glucose. In L group, T3 was not changed in summer but was increased significantly in winter. Free T3 was more sensitive than T3, and furthermore, Free T3 was significantly increased in summer and in winter.

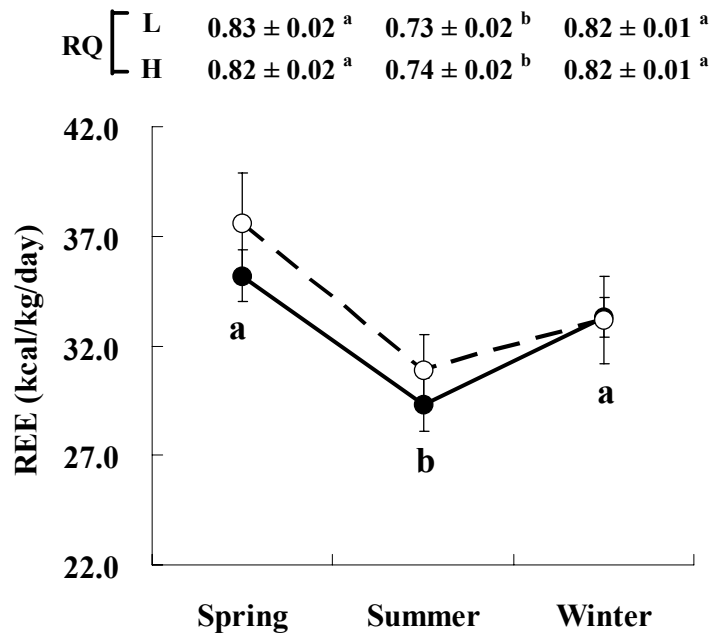


Figure 4-1 The seasonal variation in resting energy expenditure (means \pm SE).

- : L: The group that energy intake decreased in summer (n=14).
- : H: The group that energy intake did not decrease in summer (n=5).
- REE: Resting Energy Expenditure
- RQ: Respiratory Quotient

^{a,b} Different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test. REEs of L and H groups were decreased in summer, indicating significant decrease only in L group. After that, in winter, REE was increased significantly in L group. Thus there was obvious seasonal variation in L but not in H group.

第5章 栄養学的介入による改善効果について

緒言

高校野球の現場では栄養の意識・関心は次第に高まっており、「食事・栄養の指導をしているチーム」は67%、「間食を毎日取り入れている」のは29%であり、いずれも10年前と比べると10~20%の増加であった（高野連実態調査）¹⁹⁾。チームで行われる栄養指導は監督により行われる場合が多いが、約16%は家庭科教員や管理栄養士であった。管理栄養士による栄養指導効果を調べた先行研究¹¹⁾では、高校野球選手1年生を対象として栄養指導を行う群と行わない対照群の2群に分けて栄養・食事指導の効果を検討したところ、指導群ではエネルギー摂取量は増加し栄養状態の改善が見られ、また体組成も除脂肪量が増加し体格が向上するなど介入による改善効果があったとしている。

運動選手を対象とした管理栄養士による栄養指導は、高校野球¹¹⁾のほかにも、高校ラグビー³⁾、大学女子新体操⁵⁸⁾などで行われている。指導内容は、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把握することにより、具体的な栄養・食生活の問題点が把握できる。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ことにより朝食と間食の摂取回数を増加させることができ、介入後の摂取量を増加させた¹¹⁾。ラグビー選手の夏季の体重とコンディション維持を目的とした介入では、夏季が練習強化期と重なるため、約8割の選手が食欲低下や体重減少が起こっていたので、選手個人の目標体重を設定したり、「熱中症を防ぐ」「風邪をひかない」などの予防策も目標として設定した。夏季合宿や練習の現場では水分補給の講習会や飲みやすいスポーツドリンクの試作や練習後のリカバリー食の導入や夏バテ食事会などの栄養サポートを行った。その結果、熱中症や食欲低下を訴える選手は減少し、体重の減少が抑制された。また、女子新体操では、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⁵⁸⁾。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ところ、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た。タンパク質摂取増加により、試合期に体重が減少しても貧血発症が抑えられ、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は、栄養状態を改善し、良好な身体状況を示すことが先行研究で示されている。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不可欠なものである。

本研究の対象者である高校野球選手にとって夏季は、甲子園で開催される全国大会出場に向け集中して練習したり地方大会での試合に勝ち進むための重要な季節である。しかし、第2章で示されている通り、夏季には約70%の選手でエネルギー摂取が減少し、体重やBMIが減少し、体格に悪影響を及ぼすことが示された。本章では、こうした夏季のエネルギー摂取の減少を抑制することを目的として、管理栄養士による栄養指導や教育を行った。まず、選手の食事調査、身体計測、血液検査を行い、栄養状態の現状を調べて評価を行った後、夏季の栄養状態・体格の減少を防ぐために1年にわたる介入を行い、その効果を調べた。

1. 方法

(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。介入前の調査では、2011年夏季に食事調査、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(Figure 5-1)。介入後、2011年冬季、2012年春季、夏季に同様の調査と検査を実施した。調査および検査は、部活休止期間に実施された。介入では、食事調査や身体計測値・血液検査から、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

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（承認番号 H21-17, H23-3）を得るとともに、選手及び保護者に調査目的および方法を説明し、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

本章では、食物摂取頻度調査法として FFQg(エクセル栄養君・食物摂取頻度調査 FFQg Ver. 3.0 (建帛社)) を用いて調査した⁴⁴⁾。FFQg を用いた理由は、第 4 章の方法で示した通りであり、本研究の対象者については、FFQg により得られたエネルギー・マクロ栄養素摂取量は、3 日間の食事記録で得られたそれぞれの摂取量と近い値を得ることができたからである。

(3) 身体計測

身体計測は、身長、体重、上腕および下腿周囲長を測定した。身長は 2011 年および 2012 年 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)) を用いて測定した。上腕および下腿周囲長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)) を用いた。

(4) 血液検査 (血液学・生化学検査)

血液検査では、対象者は昼食終了後 3~4 時間後に血液を採取した。食物による影響をさけるために、対象者には昼食後は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) 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-Cho), 血清トリグリセリド (TG) と、血漿グルコース (Glu) を測定し、分析はエスアールエル (株) に委託した。

(5) 栄養状態の判定と介入・目標設定

選手の体重を個別に BMI が 22 または 22 以上となるよう目標値を設定して、モニタリングし、栄養改善のための介入を定期的に 1~2 か月に 1 回の割合で行った。栄養指導の

内容については、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食品群を示して具体的に指導した。体重の目標値として BMI 22 とした理由は、先行研究で一般成人男子では、BMI 22 未満のやせ型では貧血等の有病率が高くなることが報告されているからである^{59,60)}。また、鉄やカルシウムの摂取については食事調査や血液検査から得られた結果をもとに、リーフレットを作成し、選手および保護者に配布して具体的な食品群と量を示して指導した。

夏季のエネルギー摂取量については、第 3 章で示したように、食事区分から見ると特に昼食のおかずから摂取されるタンパク質と脂質が減少していた。そこで、夏季の栄養介入では、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のおかずを摂るよう指導した。また、昼食でエネルギー摂取が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⁶¹⁾ように指導した。

(6) 統計処理

第 2 章に示す通りである。

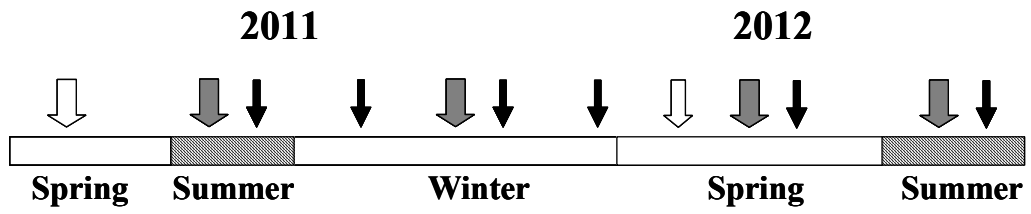






Figure 5-1 Experimental schedule.

-  The measurement of the height.
-  Nutrition survey, physical measurements and blood test.
-  Nutrition education and guidance.
-  On season

Fourteen high school baseball players participated in this study. The nutrition survey, physical measurements, and blood test were done about the subjects four times through a year.

2. 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、介入後は介入前に比べて有意に増加したが、下腿周囲長には介入による変化が見られなかった (Table 5-1)。すなわち介入後の体重の増加は、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、介入後の夏季の増加率は約 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夏季であり、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、介入後の夏季には 7 人に減少した (Table 5-4)。上腕周囲長も増加したが、有意であったのは介入後の夏季であり、その増加率は約 4 %であった。

なお、対象者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 ± 1.0 cm であったが、1 年後の 4 月には有意に増加し 173.0 ± 1.1 cm となった。

(2) エネルギー・栄養素摂取量の変化 (Table 5-2)

介入前のエネルギー (E) 摂取量は、日本体育協会⁶¹⁾が示している野球選手の目標エネルギー摂取 (3500 ~ 4000 kcal) と比べると低かった。介入後の E 摂取量は冬季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、E 摂取は春季まで増加した。夏季にはやや減少したが、それでも介入後の夏季の E 摂取量は、介入前と比べると有意に大きく、介入による改善が見られた。

タンパク質摂取量は介入後の冬季以降に有意に増加しており、その増加率は約 19 ~ 25 %であった。脂質摂取量は、介入後増加し、春季になると有意に増加した。その増加率は約 30 %であった。炭水化物摂取量は、介入後の冬季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春季まで増加したが、夏季になるとやや減少した。減少しても夏季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、脂質エネルギー (F) 比率は、介入前は 28 %であったが、介入後の春季・夏季に約 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、鉄、ビタミン B1、ビタミン B2 の摂取量は、介入後の冬季に有意に増加し、それ以降も、増加したまま維持した。それらの介入前の値は日本体育協会¹²⁾が示している参考値より低かったが、春季以降はいずれの摂取量も有意に増加し、カルシウム、鉄、ビタミン B1、ビタミン C では参考値の範囲内の摂取であった。

E 摂取量を体重あたりで見ると、冬季以降は介入により有意差はなかったものの約 10 % 増加し、タンパク質摂取量 (g/kg BW) は介入後増加し、春季には有意に増加した。その増加率は約 14 % となった。介入後の夏季には体重あたりでも E 摂取・タンパク質摂取は増加した。(Table 5-2)

(3) 血液学・生化学検査

血液検査の結果を Table 5-3 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、特に春季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、個人別で見ると、HGB の基準値未満の選手は介入前に 1 人、そして介入後の春季に 1 人増加した (Table 5-4)。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。一方、FRN は、介入前に基準値未満であった選手は 14 人中 13 人であった。介入後には 12 人の選手の FRN は増加したが、そのうち 5 人が基準値を超えて改善した。また、HGB が基準値未満の選手 2 人は、FRN も異常低値であった。

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 人であり、BMI < 22 の選手 12 人のうち FRN < 39.4 の選手は 11 人であった。したがって、FRN が低いと BMI も低く、BMI が低いと FRN も低いことがわかった (データに

は示さず)。

生化学検査は、TP、Alb、T-Chol、TG、Glu は、介入前すべて基準値内であった。TP は、介入後の春季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 (Table 5-3)。Alb は、介入後の冬季から夏季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-Chol は、介入後の冬季、春季には変化はなかったが、夏季に有意に減少した。TG は、介入後増加し、春季には有意であった。T-Chol も TG も介入後に多少の増減はあったが、ほぼ基準値内の変化であり、大きな変化ではなかった。

Table 5-1 Changes of physical measurements by the nutrition education and guidance (means \pm SE).

	2011		2012	
	Before		After	
	Summer	Winter	Spring	Summer
Body Weight (kg)	61.6 \pm 1.5^a	63.5 \pm 1.5^b	64.3 \pm 1.3^{bc}	65.2 \pm 1.4^c
BMI (kg/m²)	21.1 \pm 0.5^a	21.5 \pm 0.4^{ab}	21.5 \pm 0.4^{ab}	21.7 \pm 0.4^b
MAC (cm)	27.4 \pm 0.5^a	28.2 \pm 0.5^{ab}	28.1 \pm 0.4^{ab}	28.5 \pm 0.4^b
CC (cm)	37.1 \pm 0.5	37.7 \pm 0.5	37.4 \pm 0.4	37.6 \pm 0.5

Before: Before the nutrition education and guidance.

After: After the nutrition education and guidance.

BMI: Body Mass Index

MAC: Midarm Circumference

CC: Calf Circumference

^{a,b,c} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

The physical measurements, body weight, BMI and MAC were significantly increased after the nutrition education and guidance.

Table 5-2 Changes of nutrient intakes by the nutrition education and guidance (means \pm SE).

	2011		2012		JSA *
	Before	After	After	Summer	
	Summer	Winter	Spring	Summer	
Energy (kcal/day)	3219 \pm 103 ^a	3664 \pm 147 ^b	3905 \pm 171 ^b	3760 \pm 136 ^b	3500
Protein (g)	101.5 \pm 3.6 ^a	120.5 \pm 7.2 ^b	127.6 \pm 6.7 ^b	124.7 \pm 8.7 ^b	130
Fat (g)	97.7 \pm 4.0 ^a	110.1 \pm 6.5 ^{ab}	126.8 \pm 8.5 ^b	121.9 \pm 7.6 ^b	105
Carbohydrate (g)	462.4 \pm 15.5 ^a	522.9 \pm 19.2 ^b	542.5 \pm 25.2 ^b	522.0 \pm 17.5 ^b	500
Calcium (mg)	619 \pm 56 ^a	968 \pm 89 ^b	1040 \pm 99 ^b	1039 \pm 81 ^b	1000- 1200
Iron (mg)	8.3 \pm 0.4 ^a	11.5 \pm 0.7 ^b	12.9 \pm 1.0 ^b	12.4 \pm 1.0 ^b	10- 15
Vitamin B ₁ (mg)	1.3 \pm 0.1 ^a	1.7 \pm 0.1 ^b	1.9 \pm 0.2 ^b	1.8 \pm 0.2 ^b	2.1- 2.8
Vitamin B ₂ (mg)	1.5 \pm 0.1 ^a	1.9 \pm 0.1 ^b	2.1 \pm 0.2 ^b	2.1 \pm 0.1 ^b	2.1- 2.8
Vitamin C (mg)	77 \pm 9	106 \pm 11	110 \pm 11	122 \pm 26	100- 200
Energy/ BW (kcal/kg)	52.5 \pm 1.8	57.8 \pm 1.9	60.9 \pm 2.5	57.7 \pm 1.9	—
Protein/ BW (g/kg)	1.7 \pm 0.1 ^a	1.9 \pm 0.1 ^{ab}	2.0 \pm 0.1 ^b	1.9 \pm 0.1 ^{ab}	—
P (%)	13.0 \pm 0.2	13.4 \pm 0.3	13.4 \pm 0.5	13.4 \pm 0.5	15
F (%)	28.0 \pm 0.6	27.8 \pm 1.1	29.7 \pm 1.2	29.6 \pm 1.3	27
C (%)	59.0 \pm 0.7	58.8 \pm 1.3	56.9 \pm 1.4	57.0 \pm 1.6	58

Before: Before the nutrition education and guidance.

After: After the nutrition education and guidance.

P: Protein energy ratio (%)

F: Fat energy ratio (%)

C: Carbohydrate energy ratio (%)

* JSA: Japan Sports Association

^{a,b} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

The energy and each nutrition intakes were significantly increased in winter by the nutrition education and guidance. The energy and macro nutrient intake was significantly increased in summer by nutrition education and guidance.

Table 5-3 Changes in hematological, biochemical parameters by the nutrition education and guidance (means \pm SE).

	2011		2012		standard value *
	Before	After			
	Summer	Winter	Spring	Summer	
Hematological					
RBC ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	502 \pm 9	499 \pm 9	495 \pm 7	492 \pm 7	427 ~ 570
HGB (g/dl)	14.5 \pm 0.4	14.4 \pm 0.4	14.2 \pm 0.5	14.1 \pm 0.5	13.5 ~ 17.6
HCT (%)	43.5 \pm 0.9	43.2 \pm 0.9	42.6 \pm 1.2	44.0 \pm 2.6	39.8 ~ 51.8
FRN (ng/ml)	26.0 \pm 4.2 ^a	29.3 \pm 3.7 ^{ab}	35.7 \pm 5.7 ^b	35.7 \pm 5.3 ^b	39.4 ~ 340.0
MCV	87 \pm 1	87 \pm 1	86 \pm 2	85 \pm 2	82.7 ~ 101.6
MCH	29 \pm 0.4	29 \pm 1	29 \pm 1	29 \pm 1	28.0 ~ 34.6
MCHC	33 \pm 0.3	33 \pm 0.3	34 \pm 0.4	35 \pm 0.4	31.6 ~ 36.6
Biochemical					
TP (g/dl)	7.4 \pm 0.1 ^a	7.4 \pm 0.1 ^{ab}	7.2 \pm 0.1 ^b	7.1 \pm 0.1 ^{bc}	6.7 ~ 8.3
Alb (g/dl)	4.7 \pm 0.1 ^{ab}	4.8 \pm 0.1 ^a	4.7 \pm 0.1 ^{ab}	4.7 \pm 0.1 ^b	4.0 ~ 5.0
T-Cho (mg/dl)	162 \pm 10 ^a	163 \pm 10 ^a	159 \pm 8 ^a	141 \pm 12 ^b	150 ~ 219
TG (mg/dl)	77 \pm 7 ^a	84 \pm 11 ^a	117 \pm 12 ^b	95 \pm 8 ^{ab}	50 ~ 149
Glu (mg/dl)	82 \pm 2	80 \pm 2	83 \pm 3	83 \pm 2	70 ~ 109

Before: Before the nutrition education and guidance.

After: After the nutrition education and guidance.

RBC: Red Blood Cell

HGB: Hemoglobin

HCT: Hematocrit

FRN: Ferritin

MCV: Mean Cell Volume

MCH: Mean Corpuscular Hemoglobin

MCHC: Mean Cell Hemoglobin Concentration

TP: Total Protein

Alb: Albumin

T-Cho: Total Cholesterol

TG: Triglyceride

Glu: Glucose

* Standard value by SRL company.

^{a,b,c} Same alphabet indicates statistically insignificant difference between the respective means, while those with different alphabets indicate statistically significant difference between relevant such means at $p < 0.05$ by repeated measure ANOVA with Tukey's multiple comparison test.

Table 5-4 The number of players whose blood test and BMIs showed less than standard value.

	2011		2012	
	Before	After		
	Summer	Winter	Spring	Summer
RBC ($\times 10^4/\mu\text{l}$)	0	0	0	0
HGB (g/dl)	1	1	2	2
HCT (%)	1	1	1	1
FRN (ng/ml)	13	9	9	8
BMI (kg/m^2)	12	8	9	7

Before: Before the nutrition education and guidance.

After: After the nutrition education and guidance.

RBC: Red Blood Cell

HGB: Hemoglobin

HCT: Hematocrit

FRN: Ferritin

3. 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、夏季には半数以上の選手がエネルギー摂取が減少し、エネルギーバランスが負に傾いた(第2章)。エネルギーバランスが大きく負に傾くと、体重やBMIなどの体格も低下した。そこで夏季の高校野球選手の栄養状態・体格の減少を防ぐことを目的として介入を行った。介入はBMI 22となる体重を目標としてエネルギー・栄養素摂取を増加させるための栄養指導・教育を個別に定期的に行い改善効果を調べた。

介入前のエネルギー摂取は約3200 kcal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3500~4000 kcal⁶²⁾よりも低値であったが、介入後の冬季には有意な増加を示し3600 kcalとなり、目標値の範囲内となった。介入後にエネルギー摂取が増加すると、選手の体重やBMI、上腕周囲長は増加し、体格は向上した。

一方、介入後でも夏季には春季よりもE摂取はやや減少は見られたが、介入前の夏季に比べると500 kcalは増加しており、また、夏季の体重減少は起こらなかったため夏季の栄養状態は改善されたといえる。したがって、介入によりE摂取が増加すると、夏季の食物摂取の減少も抑制され、体格の低下を起こすことはなかったといえる。ここでは、総エネルギー消費量は算出していないので、エネルギーバランスを調べることはできないが、介入後に体重やBMI、上腕周囲長の計測値が増加したことから、エネルギーバランスは少なくとも正を保っており、体格向上のためのエネルギーが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¹¹⁾では、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。本研究でも先行研究と同様に、栄養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おり³¹⁾、体重の増加は、より素早くボールを打つことができるようになると期待される。実際に選手の体重は介入後の各季に有意に増加し、夏季にも増加したので競技力の向上が期待された。介入により選手の競

技力が向上したかどうかは不明であるが、対象者でレギュラーメンバーの数が増加したことは事実なので少なからず効果はあったといえる。

選手の介入後の夏季のエネルギー摂取に大きな減少がなかったことについては、第3,4章では、夏季暑熱環境下で高校野球選手のように、活動量の多い選手たちがより効率的にエネルギーを摂取するには、脂質の摂取量を増やすことも有効かもしれないと述べてきた。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、選手たちに夏季に欠食しない、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。このことが夏季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、日本体育協会が示す運動選手のPFC比率の範囲内(F比率:25~30%)¹²⁾であり、選手の健康に悪影響を及ぼすほどの高脂肪食ではない。

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、介入後の夏季には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<39.4 ng/ml(基準値)の選手は13人であった。そのうち、FRN<12 ng/ml(鉄欠乏性貧血の診断基準)の異常低値を示した選手2人は、いずれもHGB<13.5 g/dl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¹⁶⁾、鉄の摂取量も増加し、FRN<39.4 ng/mlの低値を示した13人中12人の選手で増加し、そのうち5人は改善が見られ、介入後の夏季にはFRN低値を示した選手は8人となった。しかし、異常低値(2~4 ng/ml)を示した選手では、栄養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た。貧血の予防には、適切な栄養摂取と体格の向上が重要となってくるが、高校野球選手の貧血についてBMIの低い選手は貧血の傾向を示すことが報告されている⁶³⁾。本研究でも、BMI

<22 を示す選手 12 人のうち FRN < 39.4 を示す選手は 11 人であり、また FRN < 39.4 を示す選手 13 人のうち、BMI < 22 を示す選手は 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 が低いことが示唆され、BMI と FRN には関連があることが推測された。介入により選手のエネルギー・栄養素摂取量が増加し、栄養状態が改善した結果、体格が向上し、FRN の改善に繋がったと考えられた。

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・向上し、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。

第6章 総括

本研究は、夏季の暑熱環境下における食物摂取の変化が体格に及ぼす影響と食物摂取の変化とエネルギー代謝との関連について栄養学・生理学・生化学的な観点から研究したものである。若年運動選手では競技人口の多い高校野球選手¹⁹⁾を対象として、食事調査や身体計測、生活時間調査を行った。また、食物摂取の変化をエネルギー代謝（消費）との関連から検討するため、安静時エネルギー代謝量および甲状腺ホルモンを測定し、成果をまとめた。

第1章では、高校野球選手の栄養状態について、食事調査や身体計測を行い、栄養状態の現状を解析した。選手の栄養状態や身体状況は平均値で見ると良好であるように見えたが、個人別で見るとエネルギー(E)バランスが負に傾く者や、BMIが22未満の者が多数存在した。選手の体格は、一般男子と比較すると大きかったが、甲子園出場者よりは小さかった。野球選手の体格と競技力の関係では、体重が大きいとバットスウィングスピードが早くなる³¹⁾ので、体格の向上はバッティング能力の向上に繋がる。甲子園出場を目指すなら、体格を向上させ、競技力を高める必要がある。特に栄養状態の低い選手の栄養改善を行うなら、チーム全体の体格や栄養状態が改善され競技力は向上すると考えられた。

第2章では、夏季のE摂取の減少が体格に及ぼす影響について検討した。高校野球選手にとって夏季は集中して練習が行われる時期であるため、運動量が増加し、総エネルギー消費量が大きくなることがわかった。したがって、夏季にE摂取が減少するとEバランスが大きく負に傾き、体重やBMI、上腕周囲長が有意に減少し、体格に大きな影響をおよぼすことが明らかになった。体重の減少では、体脂肪が少ないと減量時に占める除脂肪量の比率は大きいといわれ、骨格筋量の減少が起こる^{5,6,7)}。運動選手の体組成は一般的に除脂肪量が占める割合が多いので、高校野球選手の体重が夏季に減少すると、除脂肪量、すなわち骨格筋量の減少が起こると考えられた。一方、夏季にE摂取が減少したグループの食事は、高炭水化物食（低脂肪食，C比率：60%）の食事であり、減少しない食事は低炭水化物食（高脂肪食，F比率：30%）の傾向であった。夏季のE摂取の減少を炭水化物で補

うには、脂質よりも2倍の重量を摂取する必要があり、選手には大きな負担となる。夏季は選手にとって高温環境だけでなく試合ストレスも重なり、食欲低下はよく経験されている。こうしたE摂取が減少しやすい夏季には、一時的に脂質からのエネルギー摂取を少し増やし、F比率：30%程度にすることがE摂取減少の対策として提案された。

夏季環境下では選手の筋量や体重保持のためにもエネルギーバランスを整えることが重要であるが、第3章では、夏季のエネルギー摂取の減少がどの食事区分(朝・昼・夕・間食)で起こったかを調べた。その結果、エネルギー摂取の減少は昼食で起こり、特にタンパク質と脂質の摂取量が大きく減少することがわかった。したがって、夏季の栄養状態の低下を予防するには、昼食の摂取量を春季と同等に維持することが有効であると考えられた。具体的には、昼食で食べきれない分は間食で補い、食事内容では炭水化物だけよりもエネルギーの高い脂肪分を取り入れるなどである。また、エネルギーバランスの観点からは、選手のE消費を不必要に上げない取り組みとして、持久的トレーニングより技術的トレーニングなどの練習メニューに変えてエネルギーバランスを調整することもできる。

第4章では、夏季の食物摂取の減少とエネルギー代謝との関連を調べるために、安静時エネルギー代謝(REE)の測定、甲状腺ホルモンの定量を行った。REEは夏季に低く、冬季に高くなる変動を示したが、有意な季節変動を示したのは、夏季にE摂取が減少するグループであった。高校野球選手では、夏季に活動量が増加し総エネルギー消費は増加したにもかかわらず、REEは低下したことから、夏季の食物摂取の減少は、活動量よりもエネルギー代謝の減少によることが示された。REEとFT3の関連では、REEは夏季に低下したにも関わらずFT3の減少は見られなかった。しかし、冬季にはFT3が増加し、REEも増加したことから、冬季の代謝量増加にFT3が関連することが示唆された。一方、REEは夏季にE摂取が減少しないグループの方が減少したグループよりも高かったが、これは減少しないグループの食事構成比率が高脂肪食であったことと関係することが示唆された。すなわち、高脂肪食では甲状腺機能が促進するとされ⁴⁷⁾、そのためエネルギー代謝を亢進したと考えられた。また、高脂肪食では、甲状腺機能の促進により夏季の代謝の季節変動

は小さいかもしれない。

第 5 章では、夏季環境下の栄養状態や体格の減少を防ぐことを目的とし、栄養学的介入を行い、効果を調べた。介入後、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も見られた。また、貧血の指標である血清フェリチン値も増加し、介入による効果が見られた。介入後には夏季のエネルギー摂取は春季よりも、やや減少はしたものの、介入前の夏季と比べると増加し、体格も向上した。したがって、栄養介入により、夏季のエネルギー摂取の減少は抑制され体格が保持・向上することが判った。

以上より、夏季暑熱環境下のエネルギー摂取の減少は、エネルギーバランスを負に傾かせ、体重や上腕周囲長が減少するなど体格に影響を及ぼすが、栄養介入を行うと夏季の栄養状態や体格は明らかに維持・向上し、明らかに改善効果があった。また、一連の研究により夏季に E 摂取が減少しやすい食事は高炭水化物食の傾向であった。運動選手の食事は高炭水化物食が推奨¹⁶⁾されているが、夏季暑熱環境下でエネルギー摂取の確保を目指す場合は、脂質からのエネルギー摂取を高め、F 比率 30 %程度になることを推奨することも対策の一つかもしれない。一方、夏季に REE が低下したことから、夏季の食物摂取の減少はエネルギー代謝の低下により起こることが推察された。REE は夏季に E 摂取が減少しないグループの方がやや高かったが、その理由として食事が高脂肪食の傾向であったことが考えられた。しかし、高脂肪食摂取が甲状腺機能亢進に作用し、エネルギー代謝の低下抑制を通して、夏季の食物摂取の減少を抑制するかどうかは、さらなる検討が必要である。

引用文献

本論文中で引用した文献を以下に示す。

- 1) Johnson RK, Kark RM: Environment and food intake in man. *Science* 105: 378-379, 1947.
- 2) 中馬一郎, 大原孝吉, 佐々木隆, 他: 温熱生理学. 第1版, 中山昭雄編, 理工学社, 東京, 1987, 497-498.
- 3) 吉谷佳代: 高校ラグビー選手におけるコンディショニングシートを用いた夏季強化期の栄養サポート. 日本スポーツ栄養研究誌 5: 32-36, 2012.
- 4) 倉掛重精, 中路重之, 菅原和夫, 他: 夏季の高校野球試合が選手の生体に及ぼす影響. 日本衛生学雑誌 50(2): 604-615, 1995.
- 5) Prentice AM, Goldberg GR, Jebb SA, et al: Physiological responses to slimming. *Proc Nutr Soc* 50(2): 441-458, 1991.
- 6) Forbes GB: Body fat content influences the body composition response to nutrition and exercise. *Ann NY Acad Sci* 904: 359-365, 2000.
- 7) 勝川史憲:(特集スポーツにおける減量と体重調節)減量に伴う体組成の変化 除脂肪: 体脂肪の partitioning . 体育の科学 57(3): 164-171, 2007.
- 8) Bergstrom J, Hermansen L, Hultman E, et al: Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* 71: 140-150, 1967.
- 9) Costill DL, Flynn MG, Kirwan JP, et al: Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 20(3): 249-254, 1988.
- 10) 田口素子, 餅美知子: 現場に生かすスポーツ栄養学(第5回)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.
- 11) 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.

- 12) 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. 第 2 版, (財) 日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会監修, 第一出版, 東京, 2006, 19.
- 13) Brotherhood JR: Nutrition and sports performance. *Sports Med* 1: 350-389, 1984.
- 14) Thompson JL: Energy balance in young athletes. *Int J Sport Nutr* 8(2): 160-174, 1998.
- 15) Okano G, Taguchi M, Mu Z, et al: A survey comparing nutritional status and exercise training programs between adolescent Japanese and Chinese athletes, *The Japanese Society of Physical Fitness and Sport Medicine* 42: 446-454, 1993.
- 16) Wootton S, 小林修平監訳: スポーツ指導者のためのスポーツ栄養学 株式会社南江堂, 東京, 1992, 69-83.
- 17) Christensen, EH and Hansen O: . Arbeitsfähigkeit und Ernährung. *Arch Physiol* 81: 160-171, 1939.
- 18) Coggan AR and Coyle EF: Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol* 63(6): 2388-2395, 1987.
- 19) 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, 64-78.
- 20) 文部科学省: 学校基本調査 平成 24 年度 初等中等教育機関・専修学校・各種学校 学校調査・学校通信教育調査(高等学校)
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001044864&cycode=0>
- 21) 平野裕一: 野球選手の体力的特性. *Japanese Journal of Sports Sciences* 6(11): 712-719, 1987.
- 22) 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.
- 23) Yoshimura H: Anemia during physical training (sports anemia). *Nutr Rev* 28: 251-253, 1970.

- 24) Basiotis PP, Welsh SO, Cronin FJ, et al: Number of days of food intake records required to estimate individual and group nutrient intakes with defined confidence. *J Nutr* 117(9): 1638-1641, 1987.
- 25) 江上いすず, 若井建志, 垣内久美子, 他: 秤量法による中高年男女の栄養素および食品群別摂取量の個人内・個人間変動. 日本公衆衛生学雑誌 46 (9): 828-837, 1999.
- 26) 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.
- 27) 海老根直之, 島田美恵子, 田中宏暁, 他: 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価—生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について—. 体力科学 5: 1151-164, 2002.
- 28) 森基子, 玉川和子, 澤純子: 応用栄養学第8版—ライフステージからみた人間栄養学—. 医師薬出版株式会社, 東京, 2008, 284.
- 29) 林淳三, 高橋徹三: N ブックス改定栄養学総論. 株式会社建帛社, 東京, 2010, 111-125.
- 30) 厚生労働省: 平成20年国民健康・栄養調査報告. 平成23年, 184.
- 31) 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.
- 32) Breen, JL: What makes a good hitter? *J Health Phys Educ Recreation* 38: 36-39, 1967.
- 33) Szymanski, DJ, DeRenn, C, Frank, S: Contributing factors for increased bat swing velocity. *J Strength Con Res* 23(4): 1338-1352, 2009.
- 34) King NA, Burley VJ, Blundell JE: Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr* 48(10): 715-724, 1994.
- 35) Blundell JE, and King NA: Physical activity and regulation of food intake: current

- evidence. *Med Sci Sports Exerc* 31(11): s573-s583, 1999.
- 36) Walberg JL, Leidy MK, Sturgill DJ, et al: Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *Int J Sports Med* 9: 261-266, 1988.
- 37) 鈴木政登, 坂木佳寿美, 松原茂, 他: 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.
- 38) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準(2010年版). 第一出版株式会社, 東京, 2009, 104.
- 39) Mayer J, Roy P, Mitra KP: Relation between caloric intake, body weight, and physical work. *Am J Clin Nutr* 4(2): 169-175, 1956.
- 40) 佐々木隆: 日本人の基礎代謝の推移. *代謝* 16(1): 3-12, 1979.
- 41) 中村正: 総説 日本人のエネルギー代謝. *栄養と食糧* 34(1): 1-6, 1981.
- 42) Kim B: Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and the basal metabolic rate. *Thyroid* 18(2): 141-144, 2008.
- 43) 吉村寿人: 環境科学叢書 ヒトの適応能—気候変化への適応を中心として—. 共立出版, 東京, 1977, 57.
- 44) 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.
- 45) Weir JB: New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109: 1-9, 1949.
- 46) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準(2010年版). 第一出版株式会社, 東京, 2009, 43-61.
- 47) Yoshimura M, Hori S, Yoshimura H: Effect of high-fat diet on thermal acclimation with special reference to thyroid activity. *Jap J Physiol* 22: 517-531, 1972.
- 48) Osiba S: The seasonal variation of basal metabolism and activity of thyroid gland in man. *J Nutr* 107: 1068-1074, 1977.

- 49) Plasqui G, Kester AD, Westerterp KR: Seasonal variation in sleeping metabolic rate, thyroid activity, and leptin. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 285(2): E338-343, 2003.
- 50) 島岡章, 町田和彦, 熊江隆, 他: 基礎代謝の季節変動について. 日本生気象学会雑誌 24(1): 3-8, 1987.
- 51) Ebine N, Rafamantanantsoa HB, Nayuki Y, et al: Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. *J Sport Sci* 20: 391-397, 2002.
- 52) Hickson JF, Schrader JF, Pivarnik JM, et al: Nutritional intake from food sources of soccer athletes during two stage of training. *Nutr Rep Int* 34: 85-91, 1986.
- 53) 中馬一郎, 大原孝吉, 佐々木隆, 他: 温熱生理学. 第1版, 中山昭雄編, 理工学社, 東京, 1987, 487.
- 54) Rabolli D and Martin RJ: Effects of diet composition on serum levels of insulin, thyroxine, triiodothyronine, growth hormone, and corticosterone in rats. *J Nutr* 107(6): 1068-1074, 1977.
- 55) Suzuki H, and Fuwa H: Interaction of dietary fat and thyroid function with hepatic and renal gluconeogenesis of rats. *J Nutr* 101(7): 919-926, 1971.
- 56) 下村吉治, 林基元, 鈴木正成: 世代を超えた高脂肪食と高炭水化物食の食歴の違いが体力にもたらす効果に関する栄養学的研究—体脂肪量および甲状腺機能に対する食歴の影響. 体力研究 72: 101-107, 1989.
- 57) Chopra IJ, Solomon DH, Chopra U, et al: Pathway of metabolism of thyroid hormones. *Recent Progress in Hormone Research* 34: 521-567, 1978.
- 58) 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): 29-35, 2013.
- 59) 永井雅人, 小宮秀明, 松浦憲一, 他: 疾病の有病率から見た理想的な BMI の検討.

肥満研究 13 : 256-261 , 2007 .

- 60) 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.
- 61) Ivy JL, KATZ AL, CUTLER CL, et al: Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol*, 64(4): 1480-5, 1988.
- 62) 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. 第 2 版, (財)日本体育協会スポーツ医・科学専門委員会監修, 第一出版, 東京, 2006, 92 .
- 63) 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 .

本論文に関する発表論文

海崎彩(単著), 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誌 77(2): 1-16, 2014.

謝辞

本研究を遂行するにあたり，長年にわたる御忍耐強い御指導，御鞭撻を賜りました神戸女子大学大学院教授田中紀子先生に謹んで感謝の意を表し，ここに深謝いたします。

また，本論文の作成にあたり，終始適切なお助言，ご指導を頂きました，和歌山県立医科大学名誉教授椎野昌隆先生，神戸女子短期大学准教授平野直美先生，明治鍼灸大学矢野忠先生，関西健康科学専門学校校長中村満先生には厚く御礼申し上げます。

本研究の調査にご理解を賜り御協力を頂きました高校野球部選手の皆様，保護者の皆様，監督の先生方には心より感謝申し上げます。