

## 高校女子バドミントン選手の心拍数測定による エネルギー消費量と食事・身体状況

### Amount of Energy Consumption Measured by Heart Rate, and Meal and Body Situation in Woman Badminton Players' High School

桑 守 豊 美 玉 井 浩 子

KUWAMORI Toyomi and TAMAI Hiroko

#### I. はじめに

スポーツ選手の栄養管理を行うにあたって、対象のエネルギー消費量を把握することは非常に重要である。

エネルギー消費量の把握はスポーツの強度が食事摂取基準<sup>1)</sup>の身体活動レベルを上回ると予想される場合にはトレーニングの活動内容および時間を調べ、動作強度（以下Af値）<sup>2)</sup>を使用し算出している。この量が適正であるか否かを検討した報告や、トレーニング中のエネルギー消費量を測定した報告は少ない。

日本スポーツ科学センターの小清水氏等は2005年スポーツ選手の推定エネルギー消費量の算出式（以下JISSの算出式）を示した<sup>3)</sup>がまだ現場で使用され、評価された報告はない。

今回、トレーニング中のエネルギー消費量を正確に把握するためにActiheartを用い心拍数を実測し、消費エネルギー量を算出した。この量と従来用いているAf値を使用して算出した量、およびJISSの算出式を用いた量とを比較検討した。

また同時に行った、食事調査、血液検査、疲労調査の結果も併せて報告する。

#### II. 方法

##### 1 調査時期

2006年4月

##### 2 調査対象

富山県内高等学校の女子バドミントン部員9名を対象とした。対象者の身体状況は表1に示した。

表1 対象者の状況

n=9

年齢	(才)	16.3 ± 0.5
身長	(cm)	160.1 ± 1.6
体重	(kg)	56.4 ± 1.8
BMI	(kg/m <sup>2</sup> )	22.0 ± 0.7
体脂肪率	(%)	25.1 ± 1.4
除脂肪体重	(kg)	42.2 ± 1.9

##### 3 調査内容

##### (1) トレーニングの内容・時間およびトレーニング以外の生活時間調査

トレーニングの内容と時間は詳しいトレーニングメニューを監督からもらうとともに、筆者が見学し調べた。また、トレーニング以外の生活時間は選手に記入してもらった。

##### (2) トレーニングにおけるActiheartによる心拍数

トレーニング開始前にアメリカMini Mitte社のActiheartを装着し（写真）、1日に2人ずつ5日間測定し、記録されたデータから9人のトレー

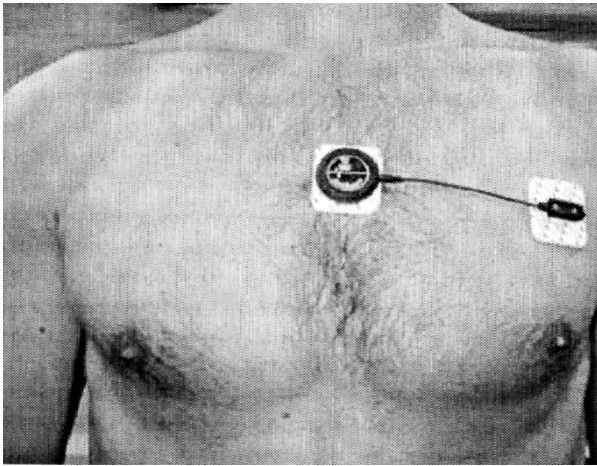


写真 Actiheat装着図

ニングの動作毎の心拍数を集計した。

### (3)トレーニング中における Actiheat および Af 値によるエネルギー消費量の算出と両者の Af 値の比較

Actiheatによる心拍数をもとに算出されるエネルギー消費量は対象者の安静時心拍数を入力することによってエネルギー消費量が算出され、その値にベネジクトの計算式により算出した基礎代謝量を加えトレーニング中のエネルギー消費量とするものである。安静時心拍数は対象の高校バトミントン部担当医の病院での診察時の値を用いた。

Af値によるエネルギー消費量の算出は、「食事摂取基準の活用」に示されているAf値、および該当Af値のない動作は監督に強度を聞き設定し、トレーニング中の動作時間を用いて算出した。

また動作毎、および平均エネルギー消費量を基礎代謝量で除し各々のAf値を算出した。

### (4)Actiheat 値、Af 値、JISS 計算式による 1 日のエネルギー消費量の算出

Actiheat、およびAf値による1日のエネルギー消費量はトレーニング中の消費量に、トレーニング以外の生活時間とAf値を用いて算出した量

を加え算出した。JISSの算出式はトレーニング3時間程度の場合以下のとおりである。

エネルギー消費量=

$$28.5\text{kcal/kgLBM (除脂肪量)} / \text{日} \times \text{LBMkg} \times 2.0 \text{ (球技系トレーニング期身体活動指数)}$$

### (5)食事調査

食事調査は5日間に口にした飲食物すべてについて料理名と皿数を調べる調査用紙(様式1)を用いて調べ、エクセル栄養君Ver4.0((株)建帛社)を用いて料理成分表を作成したプログラムより、エネルギーおよび栄養素と食品群別摂取量を計算した。

### (6)血液検査

トレーニングのない日の放課後、担当医の病院で採血し、AST (GOT)、ALT (GPT)、ヘモグロビン (Hb)、血清鉄、フェリチン、総たんぱく (TP)、総コレステロール (T-C)、HDLコレステロール (HDL-C)、中性脂肪 (TG)、クレアチンリン酸キナーゼ (CPK) を測定してもらった。

### (7)疲労調査

産業学会の疲労調査票用い、夕食後の状況を5日間記入してもらい調べた。

## 4 統計分析

心拍数、エネルギー消費量、エネルギー・栄養素摂取量、食品群別摂取量、血液検査結果、疲労調査などのデータは、すべて平均、標準偏差で表した。

## III. 結果

### 1 トレーニングの内容・時間およびトレーニング以外の生活時間

5日平均のトレーニングの内容および時間は表2のとおり、ストレッチ、ジョッキング、シ

ングル・ダブルス、筋トレなどで合計時間は329分（5時間29分）と長いトレーニング時間であった。

トレーニング以外の生活時間は平均で睡眠379分（6時間19分）、通学94分（1時間34分）であった。

### 2 トレーニング中における Actiheat による心拍数

Actiheatによる心拍数の記録図の例を図1に示す。動作毎の平均心拍数は表2のとおり、スト

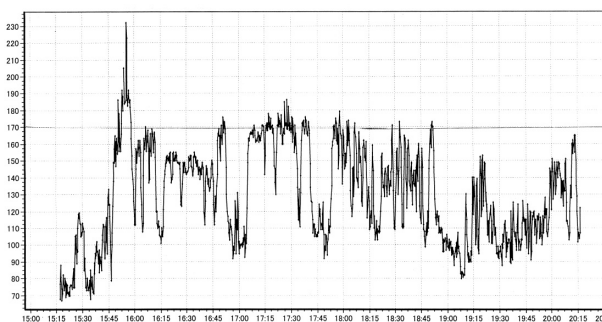


図1 Actiheatによる心拍数の記録図

表2 Actiheatによる実測値（トレーニング中） n=9

動作	時間 (分)	心拍数 (回/分)	動作中のエネルギー消費量 (参考)		
			Actiheat 実測値 (kcal)	Actiheat 値+基礎代謝 量1) (kcal)	Actiheat より算出 したAf値
ストレッチ	29	73.7	24	53	1.8
ジョッキング	15	138.3	69	83	5.6
準備運動	5	111.8	13	17	3.6
階段昇降	4	170.8	25	29	7.9
休憩	24	104.8	52	75	3.2
筋トレ	34	110.9	94	128	3.8
シングル	19	136.7	83	101	5.4
ダッシュ	3	158.0	21	24	7.8
ダブルス	128	131.4	523	648	5.1
腹筋筋トレ	17	115.9	43	59	3.5
練習	52	134.5	230	281	5.4
合計	329	—	1176	1499	—
平均	—	126	—	—	4.8

1) 基礎代謝量はベネジクト指数により算出。

表3 心拍数の分布 n=9

心拍数 (回/分)	時間 (分)	比率 (%)
100未満	58.7	17.8
100~124	100.4	30.5
125~149	87.2	26.5
150~174	61.7	18.7
175~199	9.8	3.0
200以上	2.3	0.7
エラー	8.8	2.7
合計	328.9	—

レッチ73.7回/分、ジョッキング138.3回/分、ダブルス131.4回/分などでトレーニング中の平均は126.6回/分であった。心拍数の分布を見ると表3のとおり、100回未満17.8%、100~124回/分30.5%、125~149回/分26.5%、150~174回/分18.7%、175~199回/分3.0%、200回/分以上0.7%であった。

### 3 トレーニング中における Actiheat および Af 値を用いたエネルギー消費量

Actiheatによるトレーニング中のエネルギー消費量は表2のとおり1176kcalで基礎代謝量を加えたエネルギー消費量は1499kcalであった。Af値により算出したエネルギー消費量は表4のとおり、2060kcalとなった。Actiheatによる算出量がAf値による算出量より少ない結果となった。

表4 Af値による算出値（トレーニング中） n=9

動作	時間 (分)	Af値 (推定値を含む)	動作中の エネルギー消費量
ストレッチ	29	4.2	123
ジョッキング	15	10.3※	153
準備運動	5	4.5	22
階段昇降	4	5.6	21
休憩	24	1.5	36
筋トレ	34	10.8※	366
シングル	19	6.3※	117
ダッシュ	3	13.5	42
ダブルス	128	4.5	570
腹筋筋トレ	17	8.6※	144
練習	52	9.1	467
合計	329	—	2060
平均	—	7.1	—

※印は推定値

表5 Actiheat実測値とAf値との比較 n=9

動作	時間 (分)	Af値		トレーニング中の エネルギー消費量	
		actiheat 実測値	Af値 (推定値含む)	actiheat+ 基礎代謝量	Af値
ストレッチ	29	1.8	4.2	52.8	122.7
ジョッキング	15	5.6	10.3	83.4	152.9
準備運動	5	3.6	4.5	17.4	21.9
階段昇降	4	7.9	5.6	29.0	20.6
休憩	24	3.2	1.5	75.1	35.5
筋トレ	34	3.8	10.8	127.5	366.4
シングル	19	5.4	6.3	100.8	116.9
ダッシュ	3	7.8	13.5	24.2	41.9
ダブルス	128	5.1	4.5	648.3	570.4
腹筋筋トレ	17	3.5	8.6	59.3	143.8
練習	52	5.4	9.1	280.7	467.0
合計	329	—	—	1499	2060
平均	—	4.8	7.1	—	—

また、Actiheatによるエネルギー消費量を基礎代謝量で除したAf値と従来用いられているAf値を比較すると表5のとおり、トレーニング中の平均値は前者4.8、後者7.1とActiheatによるAf値が小さい値となった。また、個々の動作のAf値を比較してみるとActiheatによる値がストレッチ、準備運動、ジョギング、筋トレ、ダッシュ、シングルなど従来示されている値より小さく低い強度となっていた。逆に、ダブルス、休憩などは大きく高い強度となっていた。

#### 4 1日のActiheat値、Af値、JISSの計算式を用いたエネルギー消費量

1日のエネルギー消費量をActiheat、Af値、JISSの計算式を用いて算出した量は表6のとおり、Actiheatによる算出値3039kcal、Af値による算出値3600kcal、JISSの計算式は本対象はトレ

表6 1日あたりエネルギー消費量 n=9

算出方法	1日エネルギー消費量 (kcal)
Actiheatによる算出	3039
Af値による算出	3600
JISS算出式による算出	2405

ニング時間が長く適応できないとも考えられるが、2405kcalで3方法の算出量に差が認められた。

#### 5 食事調査結果

エネルギーおよび栄養素摂取量は表7のとおりであった。スポーツ選手にとって摂取が必要なトレーニング前の間食、トレーニング中の水分、トレーニング直後の間食、睡眠前の牛乳などが摂取されていた。1日合計ではエネルギーは3903kcal摂取されていた。たんぱく質、脂肪、炭水化物は各々136.8g、123.1g、546.3g摂取され

表7 エネルギーおよび栄養素 n=9

食事区分	朝食前間食	朝食	午前間食	昼食	午後間食	夕食	夜食
エネルギー (kcal)	10 ± 28.4	803 ± 181.4	144 ± 123.5	1199 ± 169.4	198 ± 86.8	1000 ± 226.4	113 ± 68.6
たんぱく質 (g)	0.1 ± 0.3	26.8 ± 7.2	4.3 ± 3.8	44.3 ± 7.1	6.4 ± 2.7	38.7 ± 8.9	3.8 ± 3.0
脂質 (g)	0.4 ± 1.2	22.6 ± 11.8	5.2 ± 4.8	38.4 ± 8.9	7.8 ± 3.6	31.8 ± 7.0	4.1 ± 3.0
炭水化物 (g)	1.4 ± 4.0	119.7 ± 31.1	19.8 ± 17.7	161.8 ± 25.2	25.9 ± 14.3	134.2 ± 32.4	15.4 ± 9.5
カルシウム (mg)	0 ± 1.4	213 ± 98.9	43 ± 27.6	259 ± 86.9	95 ± 45.8	200 ± 69.6	110 ± 91.8
鉄 (mg)	0.0 ± 0.1	3.2 ± 1.1	0.4 ± 0.3	5.7 ± 1.1	0.7 ± 0.3	3.9 ± 1.1	0.2 ± 0.2
亜鉛 (mg)	0.0 ± 0.0	3.8 ± 1.0	0.5 ± 0.5	5.6 ± 0.9	0.7 ± 0.3	4.7 ± 1.3	0.4 ± 0.4
レチノール当量 (μg)	3 ± 7.6	187 ± 71.9	18 ± 13.5	397 ± 125.4	56 ± 28.7	209 ± 88.2	34 ± 29.5
ビタミンB <sub>1</sub> (mg)	0.00 ± 0.0	0.38 ± 0.2	0.05 ± 0.1	0.58 ± 0.1	0.09 ± 0.0	0.58 ± 0.2	0.05 ± 0.0
ビタミンB <sub>2</sub> (mg)	0.00 ± 0.0	0.51 ± 0.2	0.07 ± 0.0	0.69 ± 0.1	0.14 ± 0.1	0.54 ± 0.1	0.15 ± 0.1
ビタミンC (mg)	0 ± 0.2	37 ± 21.7	1 ± 0.6	81 ± 25.1	18 ± 9.3	54 ± 15.6	4 ± 2.7
ビタミンE (mg)	0.0 ± 0.0	2.4 ± 1.0	0.4 ± 0.4	5.7 ± 1.2	0.9 ± 0.5	4.1 ± 1.1	0.2 ± 0.1
コレステロール (mg)	2 ± 5.0	155 ± 85.2	18 ± 20.1	323 ± 110.0	33 ± 20.7	164 ± 59.8	12 ± 9.5
食塩 (g)	0.0 ± 0.1	3.8 ± 1.0	0.4 ± 0.4	5.5 ± 1.3	0.6 ± 0.4	5.6 ± 1.6	0.3 ± 0.4

平均±標準偏差

表7 つづき

食事区分	トレーニング中水分	トレーニング直後間食	合計
エネルギー (kcal)	82 ± 54.8	353 ± 129.8	3903 ± 546.8
たんぱく質 (g)	1.7 ± 1.9	10.7 ± 3.7	136.8 ± 17.9
脂質 (g)	1.4 ± 1.9	11.4 ± 5.1	123.1 ± 24.8
炭水化物 (g)	15.9 ± 10.0	52.1 ± 19.8	546.3 ± 84.1
カルシウム (mg)	14 ± 7.9	153 ± 73.4	1089 ± 263.7
鉄 (mg)	0.2 ± 0.2	0.8 ± 0.3	15.1 ± 2.4
亜鉛 (mg)	0.4 ± 0.2	1.0 ± 0.4	17.2 ± 2.8
レチノール当量 (μg)	12 ± 15.9	87 ± 86.4	1003 ± 178.7
ビタミンB <sub>1</sub> (mg)	0.03 ± 0.0	0.13 ± 0.1	1.90 ± 0.4
ビタミンB <sub>2</sub> (mg)	0.05 ± 0.1	0.21 ± 0.1	2.36 ± 0.3
ビタミンC (mg)	6 ± 10.1	10 ± 8.8	210 ± 42.1
ビタミンE (mg)	0.2 ± 0.2	0.8 ± 0.4	14.7 ± 2.5
コレステロール (mg)	18 ± 36.7	36 ± 18.2	760 ± 160.1
食塩 (g)	0.2 ± 0.3	0.9 ± 0.4	17.3 ± 2.8

平均±標準偏差

表8 エネルギーおよび栄養素摂取量の目標量に対するの摂取比率 n=9

	摂取量	目標量	摂取比率 (%)
エネルギー (kcal)	3903	3039	128.4
たんぱく質 (g)	136.8	136.8	100.0
脂質 (g)	123.1	94.5	130.2
炭水化物 (g)	546.3	410.3	133.1
カルシウム (mg)	1089	1368	79.6
鉄 (mg)	15.1	19.8	76.2
亜鉛 (mg)	17.2	13.7	125.7
レチノール当量 (μg)	1003	1520	66.0
ビタミンB <sub>1</sub> (mg)	1.90	4.56	41.7
ビタミンB <sub>2</sub> (mg)	2.36	6.08	38.9
ビタミンC (mg)	210	243	86.4
食塩 (g)	17.3	10.6	163.4



表9 エネルギーおよび栄養素摂取量の目標量に対するの摂取比率 n=9

食事区分	朝食前間食	朝食	午前間食	昼食	午後間食	夕食	夜食
穀類 (g)	0.3 ± 0.8	231.2 ± 74.6	34.2 ± 37.2	314.5 ± 77.9	18.1 ± 18.3	268.1 ± 69.6	6.4 ± 15.6
種実類 (g)	0.0 ± 0.0	0.1 ± 1.3	0.0 ± 0.0	1.9 ± 1.4	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.4	0.0 ± 0.0
いも類 (g)	0.0 ± 0.0	12.6 ± 10.5	0.0 ± 0.0	42.4 ± 22.6	4.2 ± 14.0	26.6 ± 18.2	0.0 ± 0.0
砂糖類 (g)	0.0 ± 0.1	4.5 ± 2.9	1.4 ± 1.3	7.0 ± 3.2	2.1 ± 6.3	4.5 ± 2.3	2.0 ± 2.3
油脂類 (g)	0.0 ± 0.0	7.2 ± 5.4	0.7 ± 1.7	19.0 ± 3.6	1.5 ± 1.8	14.7 ± 4.6	0.0 ± 0.0
豆類 (g)	0.7 ± 1.9	52.8 ± 34.8	0.0 ± 0.0	14.6 ± 17.8	1.2 ± 2.8	41.0 ± 30.3	0.3 ± 0.9
果物類 (g)	0.0 ± 0.0	14.7 ± 49.4	0.0 ± 0.0	50.0 ± 30.3	21.4 ± 15.1	19.9 ± 26.8	1.3 ± 3.1
緑黄色野菜 (g)	0.0 ± 0.0	41.2 ± 20.4	0.0 ± 0.0	108.6 ± 51.3	7.1 ± 8.8	50.9 ± 34.8	0.0 ± 0.0
その他の野菜 (g)	0.0 ± 0.0	60.6 ± 31.4	0.1 ± 0.2	93.5 ± 40.6	7.4 ± 11.5	101.3 ± 42.6	0.5 ± 0.9
嗜好飲料 (g)	0.0 ± 0.0	9.5 ± 18.5	0.1 ± 0.4	0.2 ± 35.6	22.6 ± 24.6	20.1 ± 27.1	1.2 ± 7.3
魚介類 (g)	0.0 ± 0.0	8.1 ± 10.1	0.0 ± 0.0	40.1 ± 23.6	1.0 ± 3.2	30.6 ± 18.0	0.0 ± 0.0
肉類 (g)	0.0 ± 0.0	27.6 ± 28.8	2.2 ± 5.0	56.6 ± 26.1	3.8 ± 4.7	55.0 ± 26.2	0.0 ± 0.0
卵類 (g)	0.0 ± 0.0	26.4 ± 18.5	0.0 ± 0.0	52.3 ± 26.3	1.6 ± 2.6	18.6 ± 10.4	0.0 ± 0.0
乳類 (g)	0.0 ± 0.0	18.0 ± 29.3	9.4 ± 8.2	1.1 ± 22.8	26.0 ± 31.7	18.1 ± 15.4	8.4 ± 12.1
調味料類 (g)	0.0 ± 0.0	9.4 ± 6.1	0.1 ± 0.4	28.4 ± 7.9	1.7 ± 1.9	25.9 ± 10.8	1.2 ± 3.4
調理加工食品類 (g)	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
水分 (g)	0.7 ± 2.1	144.2 ± 87.0	0.0 ± 0.0	106.8 ± 49.3	7.1 ± 8.1	158.4 ± 73.6	7.0 ± 19.8
お茶 (g)	0.0 ± 0.0	22.6 ± 32.3	30.3 ± 64.8	43.6 ± 24.4	0.0 ± 0.0	55.5 ± 44.0	0.0 ± 0.0
サプリメント (g)	0.0 ± 0.0	1.3 ± 2.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
果汁ジュース (g)	0.0 ± 0.0	54.6 ± 100.0	4.4 ± 12.6	0.0 ± 0.0	3.1 ± 8.8	31.8 ± 41.1	10.6 ± 15.3
スポーツドリンク (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.1 ± 8.8	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.6 ± 4.4
菓子 (g)	2.7 ± 7.6	6.6 ± 12.8	4.9 ± 7.7	3.8 ± 7.9	30.2 ± 29.1	8.6 ± 19.7	12.7 ± 13.0
牛乳 (g)	0.0 ± 0.0	61.9 ± 76.2	3.3 ± 9.4	18.9 ± 53.4	11.1 ± 31.4	15.8 ± 24.6	75.8 ± 77.9
水 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.3 ± 9.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	8.9 ± 0.0	0.0 ± 0.0
嗜好飲料 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	4.4 ± 12.6	5.6 ± 15.7	2.7 ± 7.5

平均±標準偏差

表9 つづき

食事区分	トレーニング中水分	トレーニング直後間食	合計
穀類 (g)	2.2 ± 4.6	62.4 ± 31.2	937.5 ± 193.0
種実類 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	2.2 ± 2.4
いも類 (g)	0.0 ± 0.0	2.4 ± 11.3	87.1 ± 45.7
砂糖類 (g)	0.2 ± 0.5	10.1 ± 4.1	31.7 ± 8.5
油脂類 (g)	0.1 ± 0.4	0.9 ± 1.4	44.1 ± 12.3
豆類 (g)	0.0 ± 0.0	4.0 ± 3.8	114.7 ± 67.8
果物類 (g)	0.9 ± 2.5	3.3 ± 6.2	111.6 ± 55.6
緑黄色野菜 (g)	0.0 ± 0.0	0.6 ± 1.4	208.2 ± 72.0
その他の野菜 (g)	0.0 ± 0.0	1.9 ± 3.5	265.1 ± 82.1
嗜好飲料 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	54.8 ± 46.2
魚介類 (g)	0.0 ± 0.0	1.1 ± 3.1	81.0 ± 25.2
肉類 (g)	0.0 ± 0.0	1.1 ± 1.6	146.3 ± 68.8
卵類 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	98.8 ± 34.0
乳類 (g)	0.0 ± 0.0	72.6 ± 25.5	150.8 ± 48.9
調味料類 (g)	0.0 ± 0.0	0.7 ± 1.5	67.6 ± 16.7
調理加工食品類 (g)	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.9	0.5 ± 1.0
水分 (g)	0.0 ± 0.0	7.4 ± 6.6	431.6 ± 127.7
お茶 (g)	322.0 ± 94.7	1.6 ± 4.4	472.4 ± 158.9
サプリメント (g)	4.0 ± 11.3	0.0 ± 0.0	5.3 ± 11.1
果汁ジュース (g)	24.1 ± 46.6	16.9 ± 27.6	145.5 ± 121.4
スポーツドリンク (g)	91.8 ± 95.0	3.1 ± 8.8	99.6 ± 92.3
菓子 (g)	0.0 ± 0.0	25.5 ± 22.4	95.0 ± 26.5
牛乳 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	186.9 ± 179.0
水 (g)	50.0 ± 61.5	0.0 ± 0.0	62.2 ± 71.6
嗜好飲料 (g)	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	12.7 ± 19.0

平均±標準偏差

表10 食品群別摂取量の目標量に対する摂取比率

		摂取量	目標量	摂取比率 (%)
穀類 (g)	(g)	937.5	1049	89.4
いも類 (g)	(g)	87.1	91.2	95.5
砂糖類 (g)	(g)	31.7	15.2	208.8
菓子 (g)	(g)	95.0	30.4	312.3
油脂類 (g)	(g)	44.1	21.3	206.9
豆類 (g)	(g)	114.7	121.6	94.3
果物類 (g)	(g)	111.6	455.9	24.5
緑黄色野菜 (g)	(g)	208.2	152	137.0
その他の野菜 (g)	(g)	265.1	243.1	109.1
魚介類 (g)	(g)	81.0	106.4	76.2
肉類 (g)	(g)	146.3	167.2	87.5
卵類 (g)	(g)	98.8	106.4	92.9
乳類 (g)	(g)	337.7	623	54.2
飲み物 (g)	(g)	1161.6	1519.5	76.4

n=9

ておりPFC比は14.0:28.4:56:0となっていた。また、カルシウム1089mg、鉄15.1mg、ビタミンB11.9mgとなっていた。これらの摂取量をActiheatによるエネルギー消費量3039kcalを基にした目標量に対する摂取比率で見ると表8のと

おり、エネルギー、脂質、炭水化物は大幅に過剰であり、ビタミンB1、B2などは大幅に不足しアンバランスな摂取となっていた。

5日間平均の食品群別摂取量を摂取区分毎に示したものが表9、Actiheatによるエネルギー消

費量をもとにした目標量に対する摂取比率が表10である。砂糖類、菓子類、油脂類が多く、果物、牛乳が少ない等食品群別摂取量においても過不足が認められた。

## 6 血液検査結果

血液検査結果は個人別に見るとGOT、GPTに高値の者が各々3名、1名認められた。ヘモグロビン12g/dl未満の者が2名、その他の7名は全員が12g/dl台と低値であった。フェリチンは

表11 血液検査結果 n=9

項目	測定値	基準値
AST (GOT) (KU/ml)	51.8 ± 58.3	13~35
ALT (GPT) (KU/ml)	30.7 ± 26.9	8~48
Hb (g/dl)	12.1 ± 0.5	12~14.5
Fe (μg/dl)	83.9 ± 25.3	60~210
Fer (ng/ml)	56.5 ± 62.2	20以上
TP (g/dl)	7.1 ± 0.4	6.5~8.2
T-C (mg/dl)	172.8 ± 21.6	150~219
HDL-C (mg/dl)	75.9 ± 11.6	40~
TG (mg/dl)	84.0 ± 26.7	50~149
CPK (IU/l)	895.4 ± 1145.1	40~200

平均±標準偏差

表12 疲労調査結果 n=9

項目	(%)
1 頭がおもい	2.2
2 全身がだるい	22.2
3 足がだるい	33.3
4 あくびがでる	48.9
5 頭がボンヤリする	11.1
6 眠い	82.2
7 目が疲れる	31.1
8 動作がぎこちない	4.4
9 足元が頼りない	13.3
10 横になりたい	57.8
一般的疲労 (%)	30.7
11 考えがまとまらない	0.0
12 話をするのがいやになる	2.2
13 いらいらする	6.7
14 気が散る	0.0
15 物事に熱心になれない	2.2
16 ちょっとしたことが思い出せない	4.4
17 することに間違いが多くなる	2.2
18 物事が気にかかる	2.2
19 きちんとしてられない	2.2
20 根気がなくなる	0.0
精神的疲労 (%)	2.2
21 頭がいたい	2.2
22 肩がこる	22.2
23 腰がいたい	40.0
24 息苦しい	0.0
25 口が渇く	13.3
26 声がかすれる	0.0
27 めまいがする	0.0
28 まぶたや筋肉がピクピクする	13.3
29 手足が震える	0.0
30 気分が悪い	0.0
局在した疲労 (%)	9.1

20ng未満の者が3名、CPK、200IU/l以上の者が9名中8名認められた。各項目の平均値は表11のとおり、GOTおよびCPKが高値を示し、ヘモグロビンは異常値までとはいかないが低値を示した。また、HDL-コレステロールが高値と言えた。

## 7 疲労調査結果

疲労調査結果は表12のとおり一般的疲労が平均30.7%で、疲労とみなされる5より大幅に上回っていた。精神的疲労は2.2%と少なかったが、局在した疲労も9.1%と多かった。精神的疲労は少ないものも、局在した疲労もあり、特に一般的疲労は「眠い」、「横になりたい」、「あくびがでる」などが高く認められ休息不足が伺えた。

## IV 考察

本調査は4月の土、日を含めた5日間行った。この時期は高校生活が軌道にのっておらずトレーニングが本格化していない時期と言えた。対象の体脂肪率が25.1と高かったこと、トレーニング時間が5時間29分と長かったことにも調査時期が影響していると言えた。トレーニング時間は本対象は毎日最低4時間はおこなっており、全国の高等学校における部活時間の1日当たり2~3時間<sup>4)</sup>と比べると大幅に長いトレーニング時間と言えた。

トレーニング内容については、バドミントン以外の、ストレッチ、ジョッキング、筋トレなどが1時間47分で3分の1が費やされていた。競技力向上に合わせ体作りにも時間が費やされていると考える。生活時間では睡眠時間は6時間45分とトレーニング時間が長い因此年代に必要な最低7時間30分が確保できていない状況であった。

また、今回行ったトレーニング中の心拍数やエネルギー消費量の測定の研究はほとんど行われていない。従って、心拍数の測定機器も少なく、本調査で使用したActiheatは新しく開発された精能の良い機器とされており、実際に心拍数の記録は完全に、しかもノイズも入らず計測できていた。

トレーニング中の心拍数からトレーニングの強度を見ると20才台女子の最大酸素摂取量の50%強度とされる130回/分<sup>5)</sup>より低い124回/分以下の心拍数でのトレーニング時間が48.4%と半分を占め、125~149回/分が26.5%、150回/分以上の強度の強いトレーニングとなっている時間が全体の22.8%となっていた。比率としては多くないが時間として見ると1時間となり長く、ハードなトレーニングと言えると考える。

Actiheatによるエネルギー消費量の算出式は知り得なかったが出力されたデータから見ると、心拍数に比例した1分間体重1kg当たり量から基礎代謝量を差し引いた独自の値が設定され、算出されていた。アメリカで開発されたものであり、日本人に適したエネルギー設定量であるか否かの検討はされていないものの、心拍数の測定は正確であるため実際値に近いエネルギー消費量であると考えられる。

また、この値は心拍数によるためエネルギー源としてのたんぱく質は含まれていない。しかし、トレーニング中はたんぱく質の寄与は少ないとされているためトレーニング中のエネルギー量としては算出量のままで良いと判断した。

ActiheatによるAf値と、従来用いられているAf値と比較した結果は、準備運動など多くの動作のAf値が、従来用いられている値より低い値を示した。調査時期が4月当初であり、トレ

ニングが本格化されておらず、弱い強度で行われていた事、また対象は競技能力の高い選手であるため低い強度で動作をなし得ている事などが考えられた。

逆に階段昇降、ダブルス、休憩の動作はActiheatによるAf値が高い値を示した。階段昇降は早く、ダブルスは良く体をうごかしていたためと考える。休憩については、トレーニング中では前の動作の酸素負積が残った状態で休憩をとっているため、心拍数が高く、Af値が高い値を示していたと考える。

この心拍数により算出したAf値がトレーニング中の休憩などで高く、競技動作のAf値が低いことは本学専攻科学生<sup>6)</sup>の論文と同様の結果であった。

このようなAf値の差、すなわち動作毎のエネルギー消費量の差からトレーニング中のエネルギー消費量がActiheatによる量1499kcal、Af値による量2060kcalの差につながっていた。

次に1日のエネルギー消費量についてActiheatによる量とAf値による量とJISS算出式の量を比較すると、順に3039kcal、3600kcal、2405kcalであった。JISS算出式の場合はトレーニング時間が1日平均3時間程度の算出式であるため本対象の場合適さないと考えられ、Af値による算出量は、動作によって異なっていたが、結果的にはエネルギー消費量を多く見積もっていることになっていると考える。

食事調査結果については本対象は食事を摂取する能力が身につけており、エネルギー摂取量では朝食781kcal、昼食1147kcal、夕食956kcal摂取していた。また、スポーツ栄養管理として必要なトレーニング開始前、トレーニング直後、睡眠前も順に198kcal、353kcal、113kcal摂取されていた。1日合計では3903kcalで、Actiheatによ

るエネルギー消費量を基準にした球技の目標量と比べると、エネルギー、脂肪、炭水化物などは過剰、ビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>などは大幅不足などアンバランスが認められた等改善が必要な点が認められ指導する必要性が認められた。

血液検査結果では個人別に見るとGOT、GPTは1名、異常値の者が認められたが、他の2名はGOTが高値であった。GOTは長時間の運動で負荷を繰り返すと増加する<sup>7)</sup>ことからトレーニングを毎日負荷していることを反映していると考ええる。

またHbは2名は異常値、他の者は全員12g/dl台と低値であった。Hbは運動していない人より低値であることが多く<sup>7)</sup>、激しい運動またはトレーニングによってスポーツ貧血が引き起こされる<sup>8)</sup>と言われている。本対象は食事のたんぱく質は摂取できているが、鉄、ビタミンCは不足していることやトレーニングによってスポーツ貧血が現れているものとする。また、CPKは平均895.4で1人を除いて全員が高値を示していた。CPKは長時間の運動により著しく上昇し、運動の負荷が軽くなるにしたがい値は低下<sup>7)</sup>するとされており、本対象も負荷が強く、長時間のトレーニングであるため高値となっていると考える。

疲労調査では精神的疲労は低いものの、局在した疲労は高く、特に一般的疲労は極めて高かった。調査時が夕食後であったためとも考えられるがCPKが高く、Hbが低いなどの血液検査結果などを反映した状況と言えた。

本研究では調査時期が4月であったためトレーニングの強さがやや低く、時間が長い等通常のトレーニングとは少し異なっていた。また、対象人数が少なかったこと、心拍数の測定をトレーニング中のみで、1日をとおした測定

でなかった事、24時間蓄尿を行わなかったため、たんぱく質相当分のエネルギー消費量を推定できなかったことなどの問題点があげられる。

今後、これらの点を考慮した研究を行い、スポーツ選手のエネルギー消費量の適正な把握を行う方法を提示すると共に、対象に適正な割合の食事のとり方などを示し、体力および競技力の向上に寄与して行きたい。

## Vまとめ

高校女子バトミントン選手を対象に平成18年4月Actiheatを用い、トレーニング中の心拍数を測定するとともに、エネルギー消費量を算出し、あわせてAf値およびJISSの算出式によるエネルギー消費量も算出した。また、食事調査、血液検査、疲労調査を行い以下のことが言えた。

1. トレーニング時間は5時間29分と長かった。
2. トレーニング中の平均心拍数は126.6回/分で150~174回/分、175回/分以上の時間は各々18.7%、3.7%であった。
3. トレーニング中のActiheatによるエネルギー消費量は1499kcalで、従来用いられているAf値による算出量は2060kcalであった。
4. ActiheatおよびAf値によるトレーニング中の平均Af値は、各々4.8、7.0であり、動作別ではActiheatより算出したAf値が休憩は大きく、ジョギング、筋トレなどは小さかった。
5. 1日エネルギー消費量はActiheat、Af値、JISSによる算出量は各々3039kcal、3600kcal、2405kcalであった。
6. 食事調査結果ではActiheatによる算出量を目標量として見ると、エネルギー3903kcalで128.4%と多く、脂質、炭水化物も多く、ビタミン



ンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は少ないなどバランスが摂れていなかった。

7. 血液検査では、Hbが平均12.1g/dlと低く、CPKが平均895.4IU/lと高かった。

8. 疲労調査では、局在した疲労が高率、一般的疲労は極めて高率であった。

最後に調査に御協力いただきました高等学校の監督、生徒の皆様、御支援いただきました富山大学の鏡森定信教授、Actiheatの測定にご協力いただきました同大学のAlexandru Gaina氏に深謝致します。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省 (2005) .日本人の食事摂取基準 [2005年版] .東京, 第一出版.
- 2) 独立行政法人国立健康・栄養研究所監修.山本茂・由田克士編 (2005) .日本人の食事摂取基準「2005年版」の活用 特定給食施設等における食事計画. 東京, 第一出版. p.19
- 3) 小清水孝子、柳沢香絵、横田由香里 (2006) .「スポーツ選手の栄養調査・サポート基準値策定及び評価に関するプロジェクト」報告. 栄養学雑誌 Vol.64 No.3 p.205~208
- 4) 中学生・高校生のスポーツ活動に関する調査研究協力者会議 (1997) .運動部活動の在り方に冠する調査研究報告書. p.89
- 5) 山地啓司 (1989) .運動処方のための心拍数の科学. 東京, 大修館書店
- 6) 佐藤美也子 (2006) .高校陸上中・長距離選手のトレーニング中のエネルギー消費量の把握等の検討
- 7) 中野昭一 (1993) . -運動・生理・生化学・栄養- 図説・運動の仕組みと応用. 医歯薬出版 . p.177,179,181
- 8) Kies, constance V編:Driskell, Judy A編 (1995) .Sports nutrition:Minerals and electro: Physical exercise and iron metabolism.

参考 様式1 食事調査用紙

生活時間・食事調査表

氏名 \_\_\_\_\_ (男・女)

身長 \_\_\_\_\_ cm 体重 \_\_\_\_\_ kg 年齢 \_\_\_\_\_ 才

※1日の生活時間と口にした飲食物すべてを記入して下さい。参考配布した料理の写真にないものは、一般的量を同量として分量を記入して下さい。

記入例

(生活時間)

活動内容	時間 (分)
睡眠	360
朝食	30
身支度	30
徒歩で通学	30

(食事調査)

	料理番号	料理名	分量 あてはまる量に○を付けて下さい
朝食前間食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
朝食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
午前間食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
昼食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
午後間食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
トレーニング中水分			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
トレーニング直後間食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
夕食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
夜食			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4
			2倍・1.5倍・1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ・同量・3/4・1/2・1/4

(生活時間)

	活動内容	時間 (分)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		