

基礎代謝の季節変動について

島岡 章¹ 町田 和彦¹ 熊江 隆¹
菅原 和夫² 倉掛 重精³ 岡村 典慶⁴
末宗 淳二郎⁵

Seasonal Variation of Basal Metabolism

Akira SHIMAOKA¹, Kazuhiko MACHIDA¹, Takashi KUMAE¹,
Kazuo SUGAWARA², Shigeyoshi KURAKAKE³, Noriyoshi OKAMURA⁴
and Junjirou SUEMUNE⁵

¹ Department of Public Health, Medical College of Oita
(Idaigaoka 1-1506, Hasama-machi, Oita 879-56, JAPAN)

² Department of Hygiene, Hirosaki University, School of Medicine
(Zaiju-cho 5, Hirosaki 036, JAPAN)

³ Department of Health and Physical Education, Medical College of
Oita (Idaigaoka 1-1506, Hasama-machi, Oita 879-56, JAPAN)

⁴ Department of Physical Education, Nippon Bunri University
(Ichigi 1727-162, Oita 870-03, JAPAN)

⁵ Department of Public Health, Beppu University Junior College
(Kitaishigaki 82, Beppu 874, JAPAN)

Abstract: Seasonal variation of basal metabolism was measured on seven young male (the Ground Self-Defence Force Officials) aged 19-26 for twelve months (from March 1983 through February 1984) at the Beppu Post in Oita. The results are as follows:

The basal metabolism fluctuates like sine curve. The highest value (5.2% higher than the annual mean) is obtained in April and the lowest (5.8% lower) is in October. Therefore, the annual deviation in the basal metabolism was 11.0% from the annual mean. The annual mean basal metabolism corrected to twenties, is 39.9 kcal/m²/hr, and this value is 6.6% higher than the reference value (37.5 kcal/m²/hr). In Japanese, it has been accepted that basal metabolism is lower in summer and higher in winter, and the reasons of the seasonal variation are explained by the wide range of the temperature throughout the year, and by the lower ratio in fat intake. Our results generally agree them.

Key words: Basal metabolism, Seasonal variation

[*Jpn. J. Biometeor.* 24(1) : 3-8, 1987]

はじめに

基礎代謝量の季節変動に関しては、古くから多くの研究があり、日本人では、冬高く夏低いとい

うのが定説(Yoshimura et al., 1969; 鈴木, 1974; 沼尻, 1979; 佐々木, 1979; 中村, 1981)となっている。その理由として、気温の年間較差、日内較差などの気候因子、摂取栄養素比率などの食物

¹ 大分医科大学公衆・衛生医学教室 (〒879-56 大分県大分郡挾間町医大ヶ丘1-1506)

² 弘前大学医学部衛生学教室 (〒036 弘前市在府町5)

³ 大分医科大学保健体育研究室 (〒879-56 大分県大分郡挾間町医大ヶ丘1-1506)

⁴ 日本文理大学保健体育研究室 (〒870-03 大分市大字一木1727-162)

⁵ 別府大学短期大学部公衆衛生学教室 (〒874 別府市北石垣82)

[1986年3月28日受付]

因子などがあげられている。しかしながら、近年、冷暖房設備の普及や建築構造の変化により、温熱環境を中心とした生活環境の改善が著しく、また摂取栄養素比率も一貫した変化がみられている（厚生省、1985）という状況下にあるので、季節変動の幅がだんだんせばまってきていると言われている（佐々木、1979；中村、1981）。従来、基礎代謝量の年間変動幅は10%前後と言われていたが、近年、夏と冬の差が4.8%（中村ら、1980）、年間変動幅6.5%（Chen、1976）というような小さい幅の報告が出てきている。そこでわれわれは、現時点における基礎代謝量が、どの程度の季節変動幅を示すのかを明らかにするという目的をもって、比較的良好な居住環境および喫食状況下にあると思われる自衛隊員について、1年あまりにわたって基礎代謝量を測定したので報告する。

方 法

大分県別府市の陸上自衛隊駐屯地内に起居する男子隊員7名（年齢19～26歳）を対象として、昭和58年3月から昭和59年2月までの間、毎月1回ずつ計12回にわたって基礎代謝量を測定した。起床時間（夏6時、冬6時半）の約20分前に起し、自分のベッドで臥床安静状態のままマスクをかけ、ダグラスバッグに約10分間呼気を採取した。

ただちにガス量を乾式ガスメーターで測定し、呼気の一部をテドラバッグに分取して、数時間以内に労研式大型ガス分析計により呼気を分析した。体表面積は、藤本らの式（1968）により求めた。解析は、有効な測定が行われた69例について行った（8例は欠測、7例は異常値として除外した）。欠損値があるので、各月の平均値は、個々の測定値を各個人の年間の平均値で割算し100を掛けた値を、月ごとに平均して求めた。また、隊内食堂の献立表から毎月の給与栄養素量を算定した。

結 果

1. Table 1 に対象者の体格などの特性および基礎代謝量の平均値を示す。平均身長は171.3 cm、平均体重62.7 kgであり、20歳代男子の昭和60年推計値（厚生省、1984）と比べると身長が1.3 cm 高く、体重が0.7 kg 重いが、ほぼ平均的な体格であるといえる。各個人の基礎代謝量の年間の平均値は、基礎代謝基準値（厚生省、1984）と比べるとやや高い数値である。20歳代に年齢補正して7名の平均を求めると、体表面積当たりで39.9 kcal/m²/hr となり、基礎代謝基準値（生活活動強度 II=37.5 kcal/m²/hr）よりも6.4%高い。同様に、体重当たりでは、25.8 kcal/kg/日 となり、基礎代謝基準値（生活活動強度 II=24.2

Table 1 Characteristics and basal metabolism of the subjects.

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	LBM* ¹ (kg)	BS* ² (m ²)	BM* ³ (kcal/kg/day)	BM* ³ (kcal/LBM/day)	BM* ³ (kcal/m ² /hr)
A	20	171	70.2	61.4	1.773	22.9	26.1	37.9
B	19	168	57.0	50.5	1.598	25.0	27.9	37.1
C	20	174	63.8	57.0	1.719	26.0	29.4	40.3
E	23	175	64.8	58.2	1.737	24.6	26.9	38.1
F	26	158	55.5	50.0	1.516	30.3	33.2	46.2
G	24	183	69.8	62.6	1.850	26.2	29.4	41.1
I	19	170	57.8	51.6	1.620	27.5	30.4	40.9
mean	21.6	171.3	62.7	55.9	1.688	25.8* ⁴	29.0	39.9* ⁴
S.D.	2.8	7.6	6.1	5.2	0.115	2.3	2.4	3.3
No.	7	7	7	7	7	7	7	7

Each value is the averaged value throughout the experimental period.

*¹ Lean body mass (kg), by Nagamine (1972).

*² Body surface (m²), by Fujimoto et al (1968).

*³ Basal metabolism measured in this study.

*⁴ Mean value corrected to twenties.

Table 2 Seasonal variation of basal metabolism (kcal/m²/hr).

Subject	'83										'84		mean	S.D.	No.
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.			
A	36.6	37.8	37.2	35.5	36.9	41.7	**	35.5	38.2	38.6	42.0	36.5	37.86	2.2	11
B	35.8	36.3	40.4	40.5	34.5	35.8	29.9	*	*	*	39.4	41.6	37.13	3.7	9
C	**	**	45.3	40.2	33.9	**	40.2	39.8	40.0	44.1	36.8	42.3	40.29	3.5	9
E	42.5	*	*	*	43.1	31.2	38.3	41.2	32.0	33.8	42.6	*	38.09	5.0	8
F	43.1	49.5	47.6	**	43.5	47.8	*	40.2	45.4	42.6	49.9	52.3	46.19	3.8	10
G	**	43.0	37.9	42.1	46.9	43.0	46.1	36.6	41.2	40.2	38.2	37.3	41.14	3.5	11
I	42.8	47.7	**	42.0	36.9	37.6	35.1	36.2	37.9	42.4	46.0	44.9	40.86	4.3	11
mean†	100.5	105.2	102.9	101.5	98.0	98.1	95.8	94.2	95.9	99.0	104.8	104.5			
S.D.	7.5	7.4	8.1	5.5	11.4	10.2	12.6	8.1	6.5	7.7	9.0	9.2			
No.	5	5	5	5	7	6	5	6	6	6	7	6			

* Not measured.

** Excluded from calculation (over 20% above or below individual annual mean).

† Mean value of the deviation from individual annual mean.

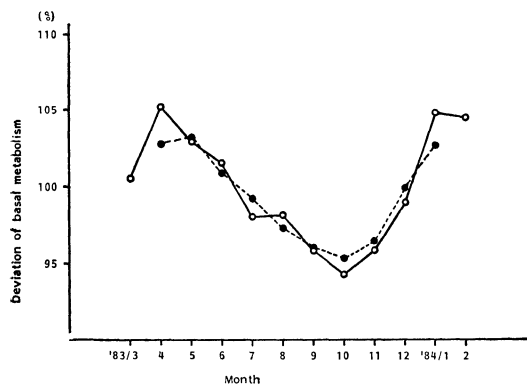


Fig. 1 Seasonal variation of basal metabolism.
 ○ : monthly mean basal metabolism
 ● : trinomial moving average of monthly basal metabolism
 The values are represented as the mean deviation from the individual annual mean.

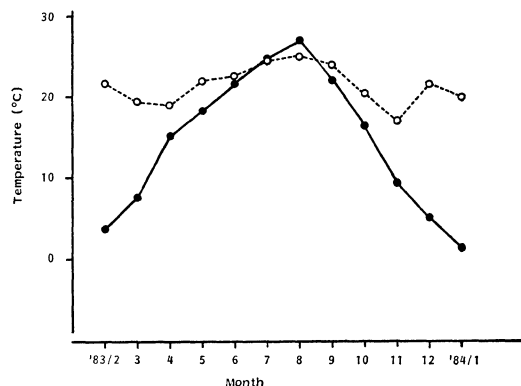


Fig. 2 Indoor and outdoor temperature at Beppu Post.
 ○ : indoor
 ● : outdoor

kcal/kg/日) よりも 6.6% 高い測定値を得た。

2. 基礎代謝量の季節変動を Table 2 および Fig. 1 に示す。10月に最低、4月に最高の一峰性の曲線を描いている。10月は、年平均値に対して 5.8% 低く、4月は 5.2% 高い値を示し、年間変動幅は、11.0% である。Fig. 1 に見られるように、本調査対象者においても従来の通説のとおり、基礎代謝量には季節変動が存在するようである。この基礎代謝量の季節変動は気温の変動と逆の位相で一致するとされているが、本調査結果で

は、基礎代謝量のピークは気温の変動よりも約 2 か月遅れて現れている。

3. Fig. 2 に隊舎内外の気温の年間変動を示す。屋外の気温は最高が 8 月の 27.1°C、最低は 1 月の 1.4°C で、年間の温度較差は 25.7°C である。室内温度は最高が 8 月の 25.0°C、最低は 11 月の 17.0°C で、年間の温度較差は 8.0°C とほぼ一定である。

4. Table 3 に呼吸商 (RQ) の年間の変動を示す。RQ も平均値でみると季節変動を示し、3 月にもっとも低く、10 月にもっとも高いという基礎

Table 3 Seasonal variation of RQ.

Subject	'83											'84		mean	S.D.	No.
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.				
A	0.777	0.871	0.825	0.745	0.833	0.741	**	0.875	0.776	0.804	0.810	0.841	0.809	0.046	11	
B	0.760	0.818	0.822	0.793	0.783	0.807	0.863	*	*	*	0.729	0.769	0.794	0.039	9	
C	**	**	0.811	0.868	0.838	**	0.965	0.929	0.889	0.886	0.883	0.832	0.878	0.048	9	
E	0.847	*	*	*	0.795	0.823	0.935	0.876	0.812	0.867	0.862	*	0.852	0.044	8	
F	0.875	0.803	0.932	**	0.827	0.907	*	0.831	0.946	0.840	0.867	0.919	0.875	0.049	10	
G	**	0.778	0.789	0.846	0.795	0.806	0.724	0.841	0.810	0.819	0.847	0.819	0.807	0.036	11	
I	0.810	0.827	**	0.857	0.842	0.959	0.837	0.883	0.902	0.846	0.903	0.793	0.860	0.048	11	
mean	0.814	0.819	0.836	0.822	0.816	0.841	0.865	0.873	0.856	0.844	0.843	0.829	0.838			
S.D.	0.048	0.034	0.056	0.052	0.024	0.079	0.094	0.035	0.066	0.030	0.058	0.051		0.054		
No.	5	5	5	5	7	6	5	6	6	6	7	6			69	

* Not measured.

** Excluded from calculation (over 20% above or below individual annual mean basal metabolism).

Table 4 Correlation coefficient between RQ and basal metabolism.

Subject	R	No.	significance
A	-0.312	11	n. s.
B	-0.540	9	n. s.
C	-0.144	9	n. s.
E	0.135	8	n. s.
F	0.327	9	n. s.
G	-0.619	11	p<0.05
I	-0.360	11	n. s.
Total	0.088	68	n. s.

R: correlation coefficient

No.: number of measurements.

n. s.: not significant (p>0.10).

代謝量の変動と逆のパターンを示している。RQと基礎代謝量との相関は、全体で見ると明らかではないが、個人ごとに見ると負の相関の傾向を示す者が7名中5名あり、うち1名は有意の負の相関を示した (Table 4)。RQの年間の全平均値は0.838で、この数値は対象者が糖質の比率の高い食事をとっていることを示している。

5. 対象者への給与栄養素量は、年間の平均値が、エネルギー 3,360 kcal, 蛋白質 124 g (蛋白質エネルギー比 14.7%), 脂質 82 g (脂質エネルギー比 21.9%), 糖質 532 g (糖質エネルギー比 63.3%) であった (Table 5)。

考 察

運動家や筋肉労働者のような筋肉組織の発達した者の基礎代謝量は高いとされており (鈴木, 1974; 沼尻, 1979), 自衛隊員の調査でも, 6% (野崎, 1972), 10% (吉田, 1972) 高いという報告が出ている。本調査対象者も, 日常の訓練などによって鍛練されており, 基準値よりも 6.6% 高い測定値が得られたものと考えられる。

季節の基礎代謝量に対する影響は, 日本人では気温の変動と逆位相で, 冬に高く夏に低いとするものが通説 (鈴木, 1974; 沼尻, 1979; 佐々木, 1979; 中村, 1981) であり, 本調査結果もほぼそれと一致している。基礎代謝量の年間変動幅は 10% 前後とする説が多いが, 近年の測定値ほどその幅は小さくなってきている (佐々木, 1979) という。1950年代以前には 10% を越す報告が多いが, 近年の報告は 6.5% (Chen, 1976), 4.8~10.4% (中村ら, 1980), 9.0% (田原, 1983), 11.5% (池鯉鮒, 1982) と 10% 以下のものがほとんどである。

基礎代謝量に季節変動を引き起す要因として, 気温の年間変動や日内較差などの気象因子や, 摂取栄養素の比率などが議論されている (Yoshimura et al., 1969; 沼尻, 1979; 鈴木, 1974; 佐々木, 1979; 中村, 1981)。近年の冷暖房設備の普及により, 屋内労働者では寒冷あるいは酷暑

Table 5 Dietary composition throughout the year.

nutrient	'83											'84		mean	S.D.
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.			
energy (kcal)	3343	3393	3377	3363	3350	3295	3376	3348	3383	3330	3369	3389	3360	28	
protein (g)	124	130	124	124	119	120	118	123	124	127	123	127	123.6	3.4	
fat (g)	79	78	80	86	86	83	85	85	85	83	80	81	81.8	3.2	
carbohydrates(g)	534	543	540	546	525	517	535	523	530	519	539	538	532	10	

The values are the monthly means calculated from the daily menu.

の外気温にさらされる時間が激減し、それにつれて基礎代謝量の季節変動もその幅をせばめてくると考えられ(中村ら, 1980), そのことを示唆する報告も見うけられる(Chen, 1976), 雪国では冬季の室内温度が高いため, 屋内労働者では冬の基礎代謝量の上昇が認められなくなっているという(Nakamura et al., 1969). また, 南極で越冬している間は, 屋内活動が主となるため, 基礎代謝量の変動は認められないという報告もある(Sugawara et al., 1982).

本調査対象となった自衛隊宿舎でも, 外気温の年較差が25.7°Cあるのに対して, 室内温度の年間変動はわずかに8.0°Cの範囲にとどまっている。それにもかかわらず, 基礎代謝に季節変動が見られたのは, 本調査対象者が, 夏冬ともに屋外で訓練などの勤務をすることが多く, 室内温度をもって彼らの居住環境とみなすことはできないためであろうと考えられる。

栄養素摂取比率と基礎代謝の季節変動との関連を総説で見ると, 高糖質食では夏期における基礎代謝の低下を生じ, 高蛋白食, 高脂質食では, 低下が抑制されると言われ, 白人に季節変動が認められないのは脂質の摂取比率が高いためではないかと言われている(鈴木, 1974; 佐々木, 1979; 中村, 1981)。国民栄養調査成績をみると, 近年, 日本人の栄養素摂取比率は糖質のウェイトが一貫して低下しており, 代って脂質の比率が増えてきている(厚生省, 1985)。1983年の脂質の摂取比率は24.6%であり, 1960年に11.1%, 1970年は19.0%であったのと比べるとかなり上昇している。本調査対象者の摂取栄養素比率は, 蛋白質14%, 脂質22%であり, 佐世保の自衛隊で調査された時に脂質エネルギー比が20.9%であった(吉田, 1972)のと比べると, やや多いものの,

その時の米軍の脂質エネルギー比は38.2%であり, 現在でも日本人の脂質の摂取比率は白人より明らかに低いことがわかる。

RQは直接的には基礎代謝量とは関係がないが, 摂取栄養素比率との関係で論じられており(吉田, 1972; Chen, 1976), 負の相関関係にあるという。本調査でも個人ごとにみると負の相関を示すものがあるが, 全体としては相関がない。また, 給与栄養素量で見ると, 脂質の摂取比率は年間を通じてほぼ一定であるので, RQが季節によって変動する原因については不明である。

基礎代謝量の最高を示す時期は近年早くなってきているという(佐々木, 1979)。1950年代には2月上旬であったものが1971年には1月上旬に, 1974年には12月になっているという。もともと基礎代謝量の変動と気温の変動とは若干の位相のズレがあり, 向暑期は気温の上昇に約20日遅れて代謝が低下し, 向寒期には逆に気温の低下に先行して代謝が上昇するらしい。本調査結果においても, 夏のピークが遅れ, 冬のピークは早く来ている傾向にある。基礎代謝量の年間変動幅の低下につれて, ピークの位相がはっきりしなくなるのではないかと考えることができるが, 2か月もの遅れを説明できるものではない。

まとめ

大分県別府市の陸上自衛隊駐屯地内の隊舎に起居する男子隊員7名(年齢19~26歳)を対象に, 12か月にわたって毎月1回, 基礎代謝を測定し, つぎのような結果を得た。

1. 20歳代に年齢補正した基礎代謝量は39.9 kcal/m²/hrであり, 基準値よりも6.6%高い値を得た。これは, 対象者が鍛練された集団であり, 身体活動量が多いためであると考えられる。

2. 基礎代謝量には季節変動が存在し、夏に低く、冬に高い曲線を描く。ただし、最低値は10月で、年平均値よりも5.8%低く、最大値は4月に5.2%高い値を示し、従来の報告よりもピークがかなり遅れている。その年間変動幅は11.0%であった。

3. 本調査対象者が居住する室内の温度は、年較差が8.0°Cであり、以前の報告と比べるとかなり改善された居住環境にあるといえる。栄養摂取状況は、エネルギー3,360 kcal、蛋白エネルギー比14.7%、脂質エネルギー比21.9%、糖質エネルギー比63.3%であった。

4. 従来の説では、日本人の基礎代謝量に季節変動があるのは、気温の年較差が大ききことと、摂取食品に糖質が多いためであるとされていたが、本調査対象者では、前者はかなり改善された状態にあるが、なお基礎代謝量には季節変動が存在していることを示した。

本研究にご協力いただいた陸上自衛隊駐屯地司令、衛生班ならびに被検者として長期間にわたって献身的なご協力をいただいた隊員の方々に感謝いたします。また、毎月1回、早朝あるいは夜明け前から調査を手伝ってくださった教室職員の諸嬢にも感謝の意を表します。

参考文献

- CHEN, C.H. (1976): Studies on human adaptability to climatic conditions. Report 4. Seasonal variations in basal metabolic rate on civilian Japanese and caucasians in Japan. *Jpn. J. Hyg.*, **31**: 404-416.
- 池鯉鮒治明 (1982): 体構成成分の in vivo における基礎代謝産熱量の推算. 栄養と食糧, **35**: 39-46.
- 藤本薫喜, 渡辺 孟, 坂本 淳, 湯川幸一, 森本和

- 枝(1968): 日本人の体表面積に関する研究 第18編 三期にまとめた算出式. 日衛誌, **23**: 443-450.
- 厚生省保健医療局健康増進栄養課編(1984): 第三次改定 日本人の栄養所要量. 第一出版, 東京.
- 厚生省保健医療局健康増進栄養課編(1985): 昭和60年版国民栄養の現状. 第一出版, 東京.
- 長嶺晋吉(1972): 皮下脂肪厚からの肥満の判定. 日衛誌, **68**: 919-924.
- NAKAMURA, M., USUTANI, S., HORIMAI, T. and SUGAWARA, K. (1969): Local specificity of the seasonal variation in the basal metabolic rate of Japanese. *Tohoku J. Exp. Med.*, **99**: 171-178.
- 中村 正, 堀 清記, 菅原和夫, 穂本六良, 飯塚平吉郎, 菅原正志, 野原 博, 桑野紘一(1980): 沖縄住人にみられた基礎代謝, 血清 PBI とその夏冬変動の特性について. 日生気誌, **17**: 78-86.
- 中村 正(1981): 日本人のエネルギー代謝. 栄養と食糧, **34**: 1-6.
- 野崎貞彦(1972): 海上自衛隊員の陸上および航行中の船内における基礎代謝に関する研究. 防衛衛生, **19**: 229-236.
- 沼尻幸吉(1979): 活動のエネルギー代謝. 労働科学研究所, 東京, pp. 25-47.
- 佐々木隆(1979): 日本人の基礎代謝の推移. 代謝, **16**: 1-12.
- SUGAWARA, K., MACHIDA, K., SHIMAOKA, A., KUMAE, T. and MICHIMA, M. (1982): Seasonal changes in basal metabolic rate and serum free fatty acid in the antarctic environment. *Jpn. J. Biometeor.*, **19**: 59-69.
- 鈴木慎次郎(1974): Ⅲ編. 代謝および機能, 1. エネルギー代謝. 栄養学ハンドブック編集委員会編, 栄養学ハンドブック, 技報堂, 東京, pp. 455-488.
- 田原靖昭(1983): 基礎代謝および寒冷暴露における身体組成別産熱量の季節変動. 日本栄養・食糧学会誌, **36**: 255-263.
- 吉田啓峻(1972): ヒトの気候順応能に関する研究 第1報 在日米軍と自衛隊員の基礎代謝季節変動の比較. 日衛誌, **26**: 505-512.
- YOSHIMURA, M., YUKIYOSHI, K., YOSHIDA, T. and TAKEDA, H. (1969): Climatic adaptation of basal metabolism. *Fed. Reg.*, **25**: 1169-1176.