基礎代謝の季節的変動に関する研究

Seasonal Variation in Basal Metabolism

国立栄養研究所, 栄養生理部 (Physiological Division, National Institute of Nutrition)

鈴木 慎次郎 (S. Suzuki)

長 嶺 晋 吉 (S. Nagamine)

大 島 寿 美 子 (S. Oshima)

山 川 喜 久 江 (K. Yamakawa)

河 田 正 治 (S. Kawada)

久 我 達 郎 (T. Kuga)

Table 1 gives the basal metabolism values of five subjects (laboratory research workers) which were observed twice a month for a period of 4—6 years. Figure 1 illustrates the correlation between the total of the above average monthly values and the average external temperature of each month.

From the above table and figure we can say that BM levels show an inverse proportional relationship to the average external temperature.

This is further verified on investigating the quantitative relationship between the BM fluctuation percentage and the average external temperature; it is found from the readings of the interior scales (percentages on temperature scale are calculated on absolute temperature) on both axes that the two are in complete agreement.

This quantitative relationship between BM and external temperature is very interesting, though it is based on present Japanese daily life conditions and may be inapplicable to people of other nations.

From these data the seasonal BM variation of the Japanese race is quantitatively estimated as

$1/273$ for a variation of 1°C , that is slightly lower than 4 percent for a variation of 10°C .

Furthermore, if there is significance in the rise and fall of seasonal variation BM curves, the slight rise observed in April and July may be explained by the light clothing during the seasonal change between spring and summer, while the change to heavy clothing may be the cause of the fall in December.

〔はしがき〕 基礎代謝 (BM) の季節的変動に関する研究は洋の東西をとわずこれまでかなり多く発表されている。

わが国においても越智¹⁾・喜瀬²⁾、藤本³⁾、白井⁴⁾、鈴木等は東京において、大柴⁵⁾は京都で、福原⁶⁾は大阪で、上田⁷⁾は徳島で、佐々木⁸⁾は熊本において、各々同一被験者について月別に BM を測定し、季節の影響を報告している。そして、これらの研究は気候生理学の対象として興味あるばかりでなく、実用面においてもカロリー所要量の基準値決定に基礎資料を提供している。

Table 1 Monthly Basal Metabolism

Subject	Date	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Average	Max.	Min.	Diff.
39yr. → S. S ♂	1952	34.3	34.3	33.8	34.0	33.4	32.2	34.2	32.4	32.6	33.0	32.8	—	33.4	103	96	7
	53	35.1	35.7	—	36.2	33.9	32.3	31.5	33.8	34.2	33.2	36.2	35.6	34.3	104	92	12
	54	34.0	36.2	34.3	34.6	33.3	33.3	33.8	31.9	31.8	32.9	34.4	33.7	33.7	107	94	13
	55	35.3	34.2	31.9	32.0	31.3	31.7	32.7	32.5	31.7	33.7	34.6	33.2	32.9	107	95	12
	56	33.7	34.5	32.4	—	30.7	34.4	31.1	30.2	31.0	30.6	31.5	32.8	32.1	108	94	14
37yr. → S. N ♂	57	31.1	32.0	32.5	32.3	30.8	31.7	30.0	30.7	—	31.1	31.1	32.9	31.5	104	95	9
	Average	33.9	34.5	33.0	33.8	32.2	32.6	32.2	31.9	31.3	32.4	33.4	33.6	32.9	105	95	10
	%	103	105	100	103	98	99	98	97	95	98	102	102	100			
	1952	32.2	34.3	33.2	32.4	32.1	32.1	32.2	33.4	32.3	34.4	34.7	—	33.0	105	97.5	8
	53	36.4	35.9	—	34.5	32.1	31.0	32.3	32.7	33.2	33.6	33.8	34.4	33.7	108	92.8	16
42yr. → S. K ♂	54	35.4	36.3	32.7	31.6	33.8	32.8	33.7	32.7	32.8	33.6	34.3	33.8	33.6	108	94.8	14
	55	33.2	32.2	33.7	34.7	34.0	31.9	34.2	32.7	33.6	33.3	34.4	33.5	33.5	104	95.4	9
	56	33.1	34.6	35.3	33.1	33.9	32.6	33.6	33.3	32.0	31.7	31.6	33.5	33.2	106	95.6	1
	57	34.8	32.4	34.5	33.4	—	33.6	33.2	31.7	—	32.3	34.1	34.0	33.4	104	95.4	9
	Average	34.2	34.3	33.9	33.3	33.2	32.3	33.2	32.7	32.8	32.3	33.8	33.8	33.4	103	97.3	6
25yr. → T. K ♂	%	102	103	101	100	99	97	99	98	98	99	101	101	100			
	1954	—	—	33.0	33.8	33.4	32.6	33.4	31.8	32.3	35.0	34.3	36.4	33.6	108	96	12
	55	36.9	34.3	34.1	34.7	34.3	34.9	33.2	33.1	33.0	33.7	34.8	34.3	34.3	109	93	16
	56	36.6	36.5	33.9	32.6	—	32.0	31.3	31.4	32.2	33.0	34.8	—	32.9	106	95	11
	Average	33.4	32.8	32.4	33.2	33.9	33.2	32.6	32.1	32.5	33.9	34.6	34.9	32.9	106	95	11
23yr. → S. O ♀	%	106	102	99	100	101	98	97	95	96	101	103	104	100			
	1954	—	—	34.7	35.9	35.2	34.3	35.4	34.2	34.5	36.6	35.6	35.2	35.5	109	96	13
	55	35.9	39.0	35.1	36.8	34.6	34.4	34.7	34.4	35.6	35.0	38.0	37.7	35.9	107	91	16
	56	36.5	37.4	36.7	34.7	36.0	34.7	35.4	33.9	32.2	—	37.9	34.3	35.4	107	97	10
	Average	—	34.7	37.2	34.3	34.4	35.6	35.5	34.4	—	34.6	34.1	34.0	34.9	107	96	9
23yr. → S. O ♀	%	102	105	101	100	99	98	99	97	96	100	103	100	100			
	1954	—	—	35.4	35.0	34.9	34.4	35.3	33.1	34.3	34.3	36.7	36.1	35.0	105	96	9
	55	35.6	35.1	35.8	34.1	32.7	32.7	32.5	33.8	32.7	33.7	36.1	33.7	34.0	105	96	9
	56	37.1	39.3	34.7	34.6	34.1	32.4	32.5	32.2	30.8	33.0	36.3	36.3	34.4	114	90	24
	Average	36.3	37.1	34.3	34.3	34.2	33.1	33.7	32.3	32.6	33.1	35.6	34.8	34.3	108	94	14
Average of all Monthly average external tem- perature Absolute tem- perature Monthly average relative humi- dity	%	106	108	100	100	100	97	98	94	95	97	104	101	100	108	94	14
	1954	—	—	34.1	34.1	33.7	33.2	33.4	32.6	32.7	33.6	34.8	34.5	33.9	105	96	9
	55	35.2	35.5	34.1	34.1	33.7	33.2	33.4	32.6	32.7	33.6	34.8	34.5	33.9	105	96	9
	56	37.1	39.3	34.7	34.6	34.1	32.4	32.5	32.2	30.8	33.0	36.3	36.3	34.4	114	90	24
	57	36.1	36.8	33.2	33.4	34.9	32.9	34.6	30.1	—	31.4	33.1	33.0	33.6	110	90	20

ただ、この実験は同一人について長期にわたり継続されなければならないため、測定人数、測定期間、測定回数等の実験条件において制約されがちである。したがって、この種の資料を集積するには多くの研究者の協力が望ましい。われわれがその後の資料を整理して再び発表する意図もここにある。

〔方法〕 当研究室では1949年以降研究者自身のBMを毎月2日ずつ定期的に測定してきた。その一部については既に報告したが、今回は大戦の影響をうけている1951年以前の資料を除き、更にその中でも4年間以上継続して測定したものの男子4名、女子1名についてBMの季節的変動を中心に集計した。

〔成績並びに考察〕 各被検者の年度別月別測定値は第1表に、他の報告者との比較は第2表に、また月別総平均値と外気温との関係は第1図に示されている。

(1) 個人別にみると(第1表);

S. S. : 各年度の最大最小の較差は7~14%であり、年度によりかなりの差異が認められるが、6年間の月別平均値は年間平均に対し105~95%にあつて、その差は10%である。

S. N. : 各年度の最大最小の較差は9~14%であるが、6年間の月別平均値は103~98%でその差は6%となり、どの年度の較差より著しく小さい。これは各年度の変動の波が互に打消し合うためである。

S. K. : 3年2カ月間の月別平均値は106~95%で、その較差は11%。

T. K. : 4年間の月別平均値は105~96%でその較差は9%。

S. O. : 4年間の月別平均値は108~94%でその較差は14%と他よりかなり大きい。これは女性の月経に伴うBMの週期的変動を想えば当然であろう。

しかし、何れにしても、各被検者において数年間の月別平均値の年較差が各年度別較差にくらべかなり小さいことは注目すべきである。このことは、個人の年間変動を見る場合にも1年間だけの観察では1例報告にすぎないことを示唆しているのではなかろうか。さらに、BMの日差をも考慮にいと毎月の測定回数の多いことも望ましい条件であろう。

また、各人の数年間の月別平均値の年較差に6~14%と著しい個人差が認められることは、BMが生体の基本的エネルギー代謝を表わすだけに気候に対する基本的反応の個人差を示すものとして重要である。そしてこ

第2表 著者別基礎代謝季節変動(年間平均値に対する月別百分率)

	鈴木等 東京	白 井 東 京	藤 本 東 京	越智等 東 京	大 柴 大 都	福 原 大 阪	上 田 徳 島	佐々木 熊 本
1 月	104	106	105	109	109	106	105	108
2 月	105	107		104		105	104	107
3 月	101	100	103	101	92	100	101	106
4 月	101	98		97		99	99	101
5 月	99	97	95	96	92	98	97	99
6 月	98	97		94		96	97	94
7 月	98	96	97	97	92	97	96	91
8 月	96	97		99		101	97	92
9 月	96	97	97	97	92	99	99	91
10 月	99	99		103		96	100	98
11 月	103	103	97	105		103	102	105
12 月	102	105		104		104	103	107
職 業	研究者	研究者	学 生	成 人	学 生	軽作業	中学生	成 人
性 別	男・女	男	男	男・女	研究者	男	男	男
人 数	5	1	12	9	9	2	9	5
期 間	4~6年	2年	2年	1年	1年	1年	1年	3年
回 数	月2回	月10回	計89回	月1回	月2~4回	月3~4回	月1回	月数回
発 表 年	1959	1939	1936	1932	1957	1950	1953	1954

れが他の生理的現象の気候反応と密接な関係をもつことが想像されるが、それに関しては他日発表する予定である。

かつ、このように個人差が認められることは日本人の平均値を求める場合被検者の多いことも一つの重要な条件であることを示唆している。

(2) 月別全員平均値についてみると(第1, 2表, 第1図);

第1図のようにBMは平均外気温に逆比例して変動し、しかも両者の変動を量的

的關係において検討するため両縦軸の内側目盛を比較すると、BMの変動%と外気絶対温度の変動%との中は殆んど一致している。

即ち、BMの季節的変動は量的にみると、

1°C の変化に対し約 1/273, 10°C の変化に対し約 3~4 %に当る。

この量的関係は、この研究者の日常生活状態殊にその被服気候や室内気候の下に成立するのであるから、万人共通の法則とはいえないが、かつて報告した日本全国におけるBMと気候との関係でみられた値(10°C 以上では5%, それ以下では1%)¹¹⁾や、摂取カロリーと気候との関係でみられた値3%¹²⁾ともほぼ一致しているから、かなり普遍性のある数字ではなからうか。

なお、季節的変動曲線の細い起伏についてその意味ありとすれば、4月と7月のやや増加する理由として季節の変わり目で薄着になること、12月の低下の原因としては冬服に変わることを、などがあげられよう。

(3) 他の報告値との比較(第2表);

次にこのわれわれの値をこれまでに報告された文献値と比較する。

まず東京において測定されたものとみると、年間の最大最小較差において、越智の15%¹⁾はやや離れているが、藤本10%²⁾、白井11%³⁾、著者等9%の値はほぼ一致しており、しかも著者等や白井の測定回数の多いことを考慮に入れると、約10%と考えて大過なからう。

また、大阪における福原の10%⁶⁾や四国における上田の9%⁷⁾も前記の値と全く一致している。ただ京都における大柴の成績⁵⁾と熊本における佐々木の成績⁸⁾は何れも17%の年間較差を示し、上記の数字よりかなり大きい。

このことについて佐々木は、熊本或は京都のような外気温の日較差が大で然も年平均気温も比較的高い所では、かような代謝の大きな年間変動が現われるものと思われると述べている。

ただ、東京と京都・大阪における日較差は第3表に見るように、1月では殆んど認められず、8月において

Fig. 1

第3表 各地の気温（東京天文台：理科年表 1958, 1921～1950年間の統計）

		年間平均 気 温	月別平年気温		年平均 較 差	日最高気温の 月 別 平 年 値		日最低気温の 月 別 平 年 値		1 月 日較差	8 月 日較差	月別平年湿度	
			1 月	8 月		1 月	8 月	1 月	8 月			1 月	8 月
東 京 京 都 大 阪 徳 島 熊 本	14.3	3.2	26.4	23.7	8.7	30.7	−1.5	23.0	10.2	7.7	62	80	
	14.3	2.8	26.8	24.0	8.4	32.8	−1.4	22.3	9.8	10.5	76	76	
	15.3	4.1	27.7	23.6	8.5	32.7	0.2	23.7	8.3	9.0	70	75	
	15.2	4.6	26.6	22.0	9.2	31.1	0.9	23.2	8.3	7.9	67	80	
	15.5	4.3	27.0	22.7	9.9	32.6	−0.7	22.7	10.6	9.9	75	78	

も $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ に過ぎないので、両地 BM の差の原因として何か他の因子も考えられるのではなかろうか。たとえば、(1) で述べたように、今回の成績を各年度別にみると年較差の巾はかなり大きいですが、数年間を月別に平均した場合の巾はどの被検者においても著しく小さくなっていることなども一つの因子としてあげられないだろうか。

〔むすび〕 研究員 5 名について 4～6 年間毎月 2 回ずつ測定した基礎代謝についてその季節的変動を中心に検討した。その結果、BM は外気温に逆比例して変動し、量的には 10°C の変化に対し 3～4 % の割合で増減することを明かにした。

各月の測定値を年間平均値に換算する場合の補正係数を示した。

なお、この種の係数を求めるには、今後ともより多くの例数を集めることが望ましいことについても論議した。

文 献

- 1) 越智・喜瀬：慶応医学，12，2199 (1931).
- 2) 藤本薫喜：栄養研究所報告，8，113 (1935).
- 3) 白井伊三郎：体育研究，7，2 (1939).
- 4) 鈴木・長嶺・大島・山川：栄養学雑誌，12，33 (1954).
- 5) 大柴進：Jap. J. Physiol. 7，355 (1957).
- 6) 福原丈吉：栄養と食糧，3，65 (1950).
- 7) 上田豊晴：国民衛生，22，88 (1953).
- 8) 佐々木隆：体質医学研究報告，4，439 (1954).
- 9) 鈴木・長嶺・大島：栄養学雑誌，10，108 (1953).
- 10) 鈴木・長嶺・山川・大島：栄養学雑誌，11，2 (1953).
- 11) 鈴木・長嶺・河田・久我・大島・山川：栄養学雑誌，16，173 (1958).
- 12) 河田正治：栄養学雑誌，11，85 (1954).