

基礎代謝量の季節変動消失に影響を及ぼす要因について

前田享史、廣田傑、石橋浩、横山真太郎、倉前正志
北海道大学大学院工学研究科空間性能システム専攻環境人間工学研究室

Factors affecting the disappearance of seasonal variation in the basal metabolic rate

Takafumi Maeda, Suguru Hirota, Hiroshi Ishibashi, Shintaro Yokoyama, and Masashi Kuramae
Laboratory of Environmental Ergonomics, Graduate School of Engineering, Hokkaido University

Abstract: It was reported the disappearance of seasonal variation in the basal metabolic rate of Japanese people, although basal metabolic rate in winter was higher than that in summer. Changing dietary habit and decline in seasonal variation in room temperature were cited as the main cause of the disappearance of seasonal variation in basal metabolic rate. However, the factors affecting the disappearance of seasonal variation in the basal metabolic rate have not been well studied. So, the purpose of the present study was to clarify the influencing factors on the disappearance of seasonal variation in basal metabolic rate. Seven healthy male subjects voluntarily participated in this study. Basal metabolic rate, dietary intake including total energy, protein, fat, and carbohydrate intake, daily activity for 5 days, and air temperature surrounding the subject for 5 days were measured in each subject. No seasonal difference in total energy intake was observed. Energy expenditure of activity and air temperature surrounding the subject in summer were higher than those in winter. In winter, air temperature surrounding the subject was negatively correlated with basal metabolic rate. In conclusion, the results of the present study suggests that The influencing factors of the disappearance of seasonal variation in basal metabolic rate include the decline in dairy activity in winter, the increase in room temperature in winter, and no seasonal difference in energy intake.

Key Words: basal metabolic rate, seasonal variation, exercise habit, air temperature, food intake

要旨：日本人の基礎代謝量は冬季は高く夏季は低いと報告されていたが、近年では夏季と冬季の基礎代謝量の季節変動が消失していると報告されている。この基礎代謝量の消失の要因として、食習慣の季節変動の変容や室内温度環境の季節変動の減少などが挙げられているが、基礎代謝量の季節変動の消失に影響を及ぼす要因についての検討は十分になされていない。そこで本研究では、基礎代謝量の季節変動に影響を及ぼす要因について検討を行った。健康な成人男性7名を対象に基礎代謝量測定、生活調査（睡眠、運動、冷暖房の使用等）、日常活動量調査（歩数、運動消費量、総消費量）、生活環境調査（被験者周囲の気温、湿度）、食物栄養摂取量調査（総栄養摂取量、蛋白質・脂質・糖質摂取量）を夏季および冬季に実施した。その結果、総栄養摂取量には季節差が見られず、運動量・被験者周囲の気温は夏季で高値を示した。以上のことから基礎代謝量の季節変動が認められなかった要因として、冬季の運動量の低下、栄養摂取量の季節差がなかった点、夏季と冬季の周囲温度の差が小さく、冬季の昼間の気温が高い点が考えられた。

キーワード：基礎代謝量、季節変動、運動習慣、気温、栄養摂取量

1.はじめに

基礎代謝量の季節変動に関して、日本人の基礎代謝量は夏季に比較して冬季に高くなることが報告されている（Yoshimura et al, 1969、島岡ら, 1987）。つまり、

日本のような明確な四季の温度変化のある地域では、季節ごとの気温変化に合わせて基礎代謝量変動することを示したものであった。しかし、Yurugi らは、1950年の基礎代謝量の季節変動は約 20%であったのに対して、1967年には10%以下と報告しており（Yuguri et

al., 1972)、さらに砥堀ら(1987)は1987年に成人女子の基礎代謝量の季節変動は約9%と報告している。この間の基礎代謝量の季節変動の減少には食習慣の変化が大きな要因と考えられている。事実、吉村らは、京都に住むカナダ人修道士の基礎代謝量は一年を通してほぼ同じ値を示すことを報告しており、基礎代謝量の季節変動のない欧米人と季節変動の存在する日本人の食習慣の違いが基礎代謝量の季節変動に影響を及ぼした可能性を示唆していた。

その後の日本人の基礎代謝量の季節変動に関して、2006年の新矢ら(2006)の報告では季節変動は見られなくなった。現代の日本では、空調機器の機能向上に加え高気密住宅の普及に伴い、一年中一定の室温設定が可能となり、快適な室内で生活する時間が増え、日常生活で曝露される環境温度の幅が狭くなっており、このことが基礎代謝量の季節変動に影響を及ぼした可能性が示唆されている。

しかし、基礎代謝量は、栄養摂取状況や室内温度環境だけではなく、日常の活動量や活動量によって変化する筋肉量の影響も受けることが知られている。つまり、基礎代謝量の季節変動の減少は日常生活における栄養摂取状況や周囲環境の温度差の減少だけではないと考えられる。しかし、基礎代謝量の季節変動に影響を及ぼすこれらの要因について総合的に検討した研究は見られない。そこで本研究では、温度などの環境要因に加え、運動、食事などの要因が夏季と冬季における基礎代謝量の季節変動の消失に及ぼす影響を検討することを目的とした。

2. 実験方法

研究には7名の健康な男性(夏季:年齢 21.1 ± 2.5 歳、

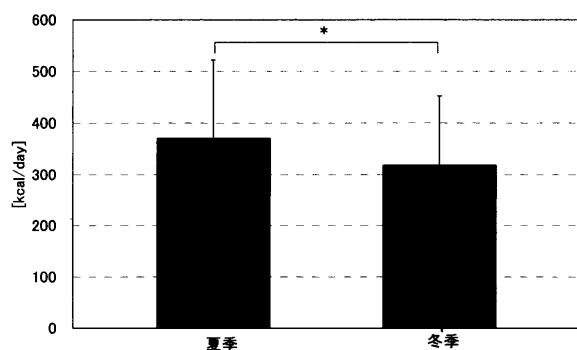


図1. 運動量の季節変動 (*: $p < 0.05$)

身長 172.8 ± 5.8 cm、体重 62.1 ± 6.8 kg、冬季:年齢 21.3 ± 2.7 歳、身長 172.6 ± 5.7 cm、体重 62.3 ± 6.1 kg)が被験者として参加した。各被験者に対し、基礎代謝測定量の測定、生活習慣調査、食生活調査を行った。基礎代謝測定は北海道大学構内の人工気候室にて行われた。尚、本研究は夏季実験を2008年8月、冬季に実験を2009年1~2月に実施した。

基礎代謝量測定に関して、被験者は前日から人工気候室に滞在・宿泊し、翌朝、自動代謝測定装置(ミナト医科、AE-300S)を用いて呼気ガスから酸素摂取量、二酸化炭素排出量、換気量の測定を10分間行った。基礎代謝量は、安定している5分間の平均データから算出した4)。尚、呼気ガス採取は、少なくとも7時間の睡眠後、最後の食事から12時間経過後、室温25℃の環境、覚醒後30分経過後で活動を始める前の仰臥位安静状態で行った。

生活習慣調査として、5日間の起床、就寝、食事、運動などの生活行動と滞在場所、暖房、冷房使用時間の調査を自記式にて行った。また、活動量計(スズケン、LifecorderEX)を被験者の腰部に装着し、運動量、歩数、総消費量を計測した。食物影響摂取量は食物摂取頻度調査票を用いて自記式にて行い、総栄養摂取量、蛋白質摂取量、脂質摂取量、糖質摂取量を算定した。生活環境調査:データロガー(HOBO, H08-004-02)を被験者の衣服に取り付け、温度、相対湿度、照度の環境要因を5分毎に計測し5日間連続測定した。

3. 結果

夏季の基礎代謝量の平均値 \pm SDは 23.7 ± 1.4 kcal/kg/day、冬季で 23.7 ± 1.4 kcal/kg/dayであり、T検定を行った結果、有意差は認められなかった。

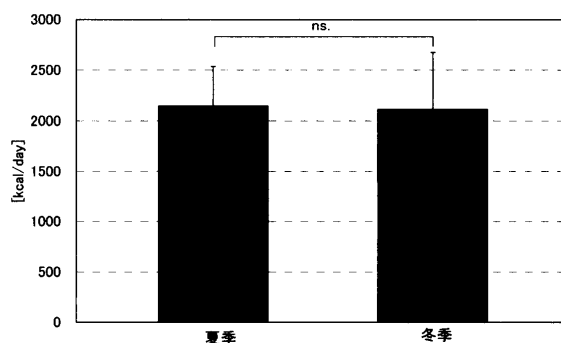


図2. 摂取カロリ一量の季節変動

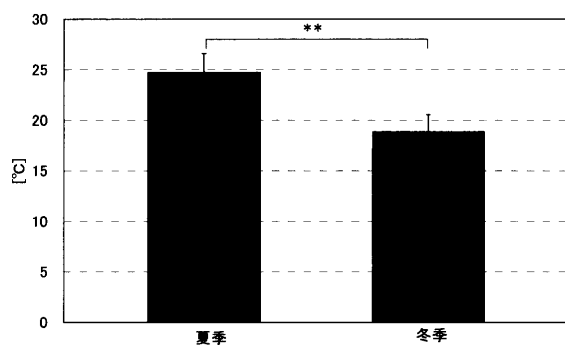


図 3. 周囲温度の季節変動 (**:p<0.01)

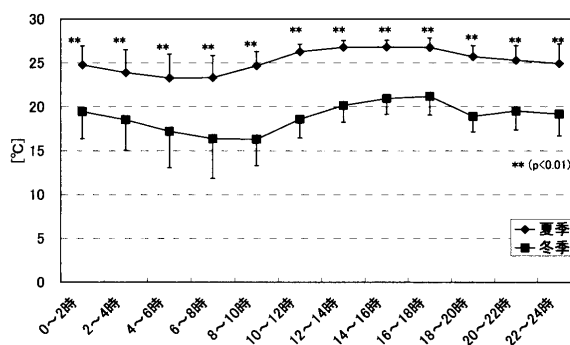


図 4. 夏季と冬季の気温の経時変化

図 1 に活動量計によって計測された運動量の季節変動の結果を示す。運動量は夏季で 370.4 ± 151.7 kcal/day、冬季は 318.0 ± 134.1 kcal/day であり、夏季において有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

図 2 に食物摂取頻度調査票によって算出された総栄養摂取量の季節変動の結果を示す。総栄養摂取量は夏季で 2147.0 ± 389.1 kcal/day、冬季で 2112.5 ± 563.2 kcal/day であり、分析の結果、有意差は認められなかった。

図 3、図 4 にデータロガーによって計測した被験者の 5 日間の平均周囲気温と 2 時間毎の経時変化の結果を示す。夏季の被験者の周囲気温の日平均値は 24.7 ± 1.5 °C、冬季は 18.9 ± 1.7 °C であり、T 検定の結果、有意差が認められた ($p < 0.01$)。また、2 時間毎の平均気温では、全ての時間帯において夏季において冬季よりも高い結果となった ($p < 0.01$)。

表 1 に冬季における早朝 (4 時～6 時)、日中 (12 時～14 時)、夜間 (20 時～22 時) の被験者周囲の平均気温と基礎代謝量との間の相関分析の結果を示す。早朝および夜間の被験者周囲の気温と基礎代謝量の間には有意な相関関係は得られなかったが、日中 (12 時～14 時) の平均気温と基礎代謝量との間に有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.848$, $p = 0.016$)。

表 1. 冬季の周囲温度の平均値と基礎代謝量との関係

| 項目 | 値 | 相関係数 | 有意確率 |
|--------------|-----------|--------|-------|
| 4時～6時の平均温度 | 17.2 [°C] | 0.204 | 0.661 |
| 12時～14時の平均温度 | 20.1 [°C] | -0.848 | 0.016 |
| 20時～22時の平均温度 | 19.5 [°C] | 0.509 | 0.243 |

4. 考察

本研究の結果、夏季と冬季の基礎代謝量に有意差はなく、基礎代謝量の季節変動が認められなかった。この結果は、先行研究の結果を支持するものであり、現代日本人の基礎代謝量の季節変動の消失を示すものであった。

個体間で比較した場合、基礎代謝量は筋肉量などの身体組成の影響を受けることが知られている (Maeda et al, 2005)。しかし、個体内季節変動を見る場合、身体組成に季節変動が現れるのはまれであると考えられる。事実、本研究の結果からは個体内の身体組成に季節差は認められなかった。つまり、身体組成要因は、基礎代謝量の季節変動に対してあまり関与しないと考えられる。

一方、総栄養摂取量と基礎代謝量の間には正の相関関係があることが報告されている (Maeda et al. 2005、Kouda et al. 2006) ように、基礎代謝量は食物摂取状況によっても大きく影響を受ける。日本など四季のある地域では、季節による気温の変動とともに食事の内容も変わっていたことが推察されるが、流通産業の発達した現代の日本において、一年中同じ食材を得ることは難しくない。本研究の結果、総栄養摂取量に季節差は確認できなかった。このことは、基礎代謝量の季節変動の消失に大きく関与していると考えられる。

夏季と冬季の被験者周囲の気温には有意差が認められた。しかし、気象庁によると札幌における 2008 年 8 月の平均気温は 21.2°C、2009 年 1 月では -1.3°C と気温の差が大きい地域であるにもかかわらず、今回計測された被験者周囲気温の一日平均値は夏季で 24.7°C、冬季で 18.9°C と日常生活で曝露される気温差の季節変動が外気温よりも狭い結果を示した。このことは、住宅

全体を暖房するという積雪地域の事情に加え、高気密高断熱住宅の多い札幌市の住宅事情を反映して、冬季の気温が高かったものと考えられる。つまり、生活者が暴露される気温の季節差は依然として存在するもののその差は小さいものであり、このことが基礎代謝量の季節変動を消失させた一要因であると考えられる。また、本研究の結果、冬季の日中（12－14 時）の平均周囲気温と基礎代謝量の間に負の相関がみられ、この結果は、Maeda ら（2005）の結果を支持するものであった。これらの結果は、冬季の昼間に低温環境に暴露されると、体温維持のため基礎代謝量を高めることに繋がると考えられる。基礎代謝量の季節変動の消失という観点から考えると、冬季の昼間に比較的高い気温に暴露される機会が多いほど、冬季の基礎代謝量が低くなり、基礎代謝量の季節差が小さくなったものと推察される。

運動を行うと様々な生理機能が亢進し代謝を増加させる。本研究の結果、日常の運動量は夏季と比べて冬季において低くなったことから、冬季の運動量の低下が代謝亢進を抑制した可能性が示唆される。つまり、冬季の運動量の低下が基礎代謝の季節変動を消失させることに繋がったと考えられる。

以上のことから、基礎代謝量の季節変動が認められなかった要因として、冬季の運動量の低下、栄養摂取量の季節差がなかった点、夏季と冬季の周囲温度の差が小さく、冬季の昼間の気温が高い点が考えられた。

尚、本研究は、科学研究費補助金基盤研究 A(20247034)によるものである。

5. 文献

新矢博美, 芳田哲也, 寄本明, 中井誠一, 2006: 成人女性における早期空腹時安静時代謝量の季節変動, 日本生気象学会誌, 43(3), S60

- Kouda K, Nakamura H, Kohno H, Okuda T, Higashine Y, Hisamori K, Ishihara H, Tokunaga R, Sonoda Y., 2006: Metabolic Response to Short-Term 4-Day Energy Restriction in a Controlled Study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 11, 89/92
- Maeda T, Sugawara A, Fukushima T, Higuchi S, Ishibashi K., 2005: Effects of lifestyle, body composition, and physical fitness on cold tolerance in humans. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 24, 439/443
- Nakamura M, Usutani S, Horimai T, Sugawara K, 1969: Local specificity of the seasonal variation in the basal metabolic rate of Japanese. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 99, 171/178
- 佐々木隆, 1981: エネルギー代謝, 温熱生理学, 中山昭雄編, 理工学社, 73/95.
- 島岡章, 町田和彦, 熊江隆, 菅原和夫, 倉掛重精, 岡村典慶, 末宗淳二郎, 1987: 基礎代謝の季節変動について, 日本生気象学会誌, 24(1), 3/8
- 砥掘雅信, 荒木勉, 辻田純三, 堀清記, 1987: 成人女子の基礎代謝量の季節変動, 日本生気象学会誌, 24(Suppl.), 78
- Yoshimura M, Yuki Yoshi K, Yoshioka T, Takeda H, 1966: Climatic adaptation of basal metabolism, *Fed. Proc.*, 25, 1169/1176
- Yuguri R, Sasaki T, Yoshimura M, 1972: Seasonal variation of basal metabolism in Japanese, *Advances in Climatic Physiology*, 医学書院, 395/410

<連絡先>

著者名: 前田享史
住 所: 札幌市北区北 13 条西 8 丁目
所 属: 北海道大学大学院工学研究科空間性能システム専攻環境人間工学研究室
E-mail アドレス: maeda@eng.hokudai.ac.jp