

〈資料〉

女子大学生の安静時エネルギー消費量の月間変動

末田 香里*¹⁾ 市川 桃子*²⁾ 加藤 千尋*³⁾ 澤野恵里佳*⁴⁾
内藤友里恵*⁵⁾ 中島あや子*⁶⁾ 山本 優子*⁷⁾

【目的】日本人は、四季により基礎代謝が冬に高く夏に低くなるという年内変動が報告されている。年中ほぼ一定の温度の中で生活している現代人の安静時エネルギー代謝(REE)に月間変動は見られるか否か検討した。体組成の測定もおこなった。

【方法】検者自身(6名、年齢22歳)が被験者となつて、2007年5月～2007年12月の8ヶ月間REE、体組成を1回/月測定した。REEは呼吸代謝装置VO₂₀₀₀(Medical Graphics Corporation)を用いて、4回/月測定し、平均値を個人のその月の値とした。毎回同一機器を使用し、空腹時の定刻(12時前)に測定した。測定前20分間は座位で安静とし、測定時間は10分間とした。体組成はIn Body^{3,2}(Biospace)で測定した。統計処理はSPSS(12.0J for Windows)を用いてREE、体組成ともに対応のある一元配置分散分析(ANOVA)をした。また個人のREEの月間変動は対応のないANOVAで分析した。その後Scheffeの方法による多重比較を行い、 $p<0.05$ を有意差有りとした。

【結果】1)REEの月間変動:REEの月間変動は認められなかった。2)個人のREEの月間変動:6人全ての個人で変動が認められた。外気温に対応して、9月に有意に低下し、12月に有意に高いREEを示す被験者があり、また12月に頂値を示す被験者、反対に12月に低値を示す被験者、特に月の間で有意差を示さない被験者もいた。個人により異なるリズムがあった。3)体組成の月間変動:体重、体脂肪率、体脂肪量、体水分量、細胞外液量に月間変動は見られなかった。

【結語】空調の発達した環境に住む女子大生のREEならびに体組成に対して外気温(四季)の関与が小さくなっていることが示唆された。

キーワード: resting energy expenditure, seasonal variation, air-conditioner use

緒 論

四季のある日本では、基礎代謝量が冬に高く夏に低くなる年内変動が報告されている^{1,2)}。1950年代以前の基礎代謝量の年内変動幅の報告は20%前後が多いが、その後年内変動幅6.5%(1976年)³⁾、夏と冬の差が4.8%(1980年)²⁾とその差が小さくなっている。

欧米においては、基礎代謝が季節変動するとの報告

もあるがその変動幅が小さいこと、逆に冬に低く夏に高い季節変動、また年間変わらないとの報告もあり、このことは人種、気候、生活様式などが基礎代謝の季節変動に関連していることを示唆するものである^{1,2)}。

吉村等(1976年)⁴⁾は、3年以上日本に居住し日本家屋に生活する高脂肪食カナダ人には基礎代謝量の明確な変動が認められなかったことを観察し、脂肪摂取量が基礎代謝の季節的推移に影響すると報告した。

* 1) 愛知学院大学心身科学部健康栄養学科

* 2) グリーンハウス

* 3) ㈱スギヤマ薬品

* 4) 医療法人香風会こだまクリニック

* 5) TBCグループ

* 6) みずほインベーターズ証券

* 7) 豊川信用金庫

(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: sueda@dpc.agu.ac.jp

佐々木 (1979年)¹⁾は日本人の基礎代謝量の変動幅が、第二次世界大戦直後の約20%から1970年度には約10%にだんだん小さくなっていること、この間に日本人の食事内容はエネルギー比率で炭水化物は82%から63%に、脂肪は6%から22%に変化したことをあげ、栄養素の含有量が重要な因子であることを示唆した。

近年は空調設備の普及により、人々は80%以上の時間を室内で過ごすようになった。5月から冷房のスイッチをいれ、11月には暖房を入れる学生は、子供の頃から1年を通じてほぼおなじ室内気温のもとで、外の外気温の変化とは切り離されて暮らしている。自然環境変化への適応能力が弱まってきたと推察される。また、国民健康・栄養調査結果によると1990年からエネルギーの栄養素別摂取構成比で脂質25%を超えている。

食生活、住居環境、生活スタイルが欧米化した日本において、1980年代に日本人にみられた代謝量の季節変動がみられるのか、女子大生の安静時エネルギー消費量の年内変動を検討した。一昨年22名の女子大生を被験者にした安静時エネルギー消費量の年内変動は認められなかった⁵⁾。しかし、「年内変動はない」と言い切るには、測定値の個人内のばらつきが大きかった、そこで本年度は安静時エネルギー消費量の測定の難しさを考慮して、目的、測定方法、測定条件を熟知する検者がかつ被験者となり、出来る限り同一条件の下で、安静時エネルギー消費量を月4回測定することとした。あわせ体重、体脂肪量も外気温と連動した変動があるかを再検討した。

方 法

1. 被験者

女子大生6名(21.3±0.5歳: Mean±SD)を安静時エネルギー消費量(Resting energy expenditure; REEと略)と体組成の被験者とした。開始時点での被験者の特徴を表1に示す。被験者は昼食前の空腹時に、測定前20分間は座位で安静とした後にREEを10分間測定した。測定前2時間はモノを食べないこと、測定前には激しい運動はさけることとし、REEは被験者の都合に合わせて月に4回以上測定した。体組成の測定は月に1回、安静時エネルギー消費量測定後おこなった。期間は2007年5月~12月の8ヶ月間であった。本実験は卒業論文実験としておこなったので、検者が同時に被験者であり、目的、実験方法、測定条件を十分理解していた。

表1. 被験者の基本属性

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)
女子大学生 (n=6)	21.3±0.5	157.8±2.9	50.3±5.7	20.1±2.4

2007年5月時点の mean±SD を示す。BMI: body mass index

本実験は「名古屋女子大学のヒトを対象とする研究に関する委員会」の承諾を得て行い、被験者は被験者同意書を委員会に提出した。

2. 安静時エネルギー消費量(REE)の測定

REEは呼吸代謝測定装置VO₂₀₀₀(Medical Graphics Corporation, USA)を用いて室温で測定した。REE(kcal/day)はWeirの計算式で算出された。

$$REE = (3.827 \times VO_2 + 1.223 \times VCO_2) \times 1.44 - 1.994 \times UN_2$$

VO₂: 酸素摂取量 (ml/min)

VCO₂: 二酸化炭素排泄量 (ml/min)

UN₂: 尿中窒素 (g/day) 12

3. 体組成の測定

体組成の測定はBody Composition Analyzer In Body^{3,2}(株式会社バイオスペース, 東京)を用いて、インピーダンス法で測定した。測定項目は体重、体脂肪率、体脂肪量であった。

4. 統計処理

分析には、統計ソフトSPSS(12.0J for Windows)を用いた。全員のREE、体組成(体重、体脂肪量、体脂肪率)の月間変動は対応のある一元配置分散分析(ANOVA)をした。個人のREEの月間変動は、個人の月ごとの4回の測定値を縦に、月を横軸にとって対応のない一元配置分散分析(ANOVA)をした。その後Scheffeの方法による多重比較を行った。REEと体組成の相関はPersonの相関係数を求め、有意性を判定した。p<0.05を有意差有りとした。

結 果

1. 安静時エネルギー消費量の月間変動

1) 被験者6人の全員の安静時エネルギー消費量には月間変動はみられなかった(図1)。

2) 個人の安静時エネルギー消費量の月間変動

被験者全員にREEに有意な月間変動が認められた

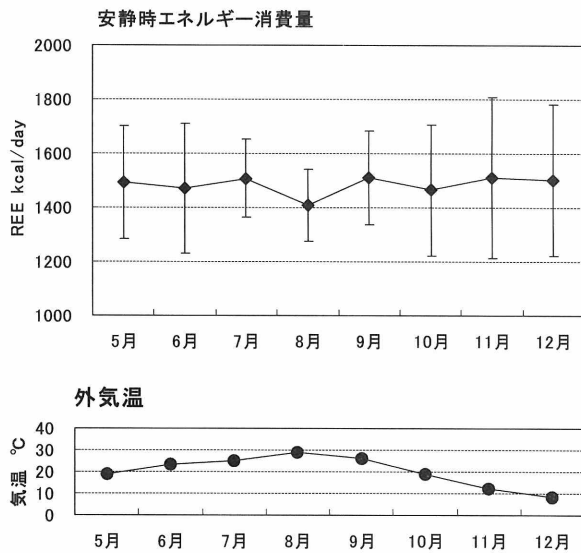


図1. 安静時エネルギー消費量と外気温の月間変動

(ANOVA $p<0.05$) が、一方被験者ごとに異なる月間変動を示した (図2)。被験者AのREEは12月 (1495±32kcal/day) に最大となった。被験者Bでは5月 (1821±56kcal/day)、9月 (1816±72kcal/day)、11月 (1741±129kcal/day) で高値となり、12月 (1417±58kcal/day) に低値であった。被験者CのREEは12月 (1875±44kcal/day) が高値となり、また9月 (1435±60kcal/day) で低値であった。被験者DのREEは月間変動 (ANOVA $p=0.007$) が見られたが、月間に有意差はなかった。

被験者EのREEは11月 (1832±11kcal/day) が最大値であった。被験者FのREEは9月 (1560±141kcal/day) で最大値となり、10月 (1214±70kcal/day) で最小値であった。

2. 体重、体脂肪率および体脂肪量の月間変動

体重、体脂肪量及び体脂肪率のいずれにおいても月間変動はみられなかった (表2)。

3. 安静時エネルギー消費量、体組成、外気温の相関

1) 安静時エネルギー消費量と体組成

表3に示すごとく、REEと体重 ($r=0.461$)、REEと体脂肪率 ($r=0.585$)、REEと体脂肪量 ($r=0.571$) で正の相関がみられた。

2) 月間平均気温と安静時エネルギー消費量・体組成

表4に示すごとく、外気温とREE ($r=-0.077$)、外気温と体重・体脂肪量・体脂肪率はいずれも相関はなかった。

考 察

1. 安静時エネルギー消費量の測定

基礎代謝の測定は早朝空腹時、仰臥の姿勢で、一定の温度条件 (20°C) のもとでなどの制約があり、わが国では安静時エネルギー消費量 (REE) を基準とすることが多いため、被験者の負担を考慮し、今回もREEを測定した。なお月経周期でのREEには差がなかった⁷⁾ので、月経周期は特に考慮しなかった。

表2. 体重・体脂肪率・体脂肪量の月間変動

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
体重 (kg)	50.3±5.6	49.8±5.5	49.4±5.6	48.9±5.4	49.3±5.7	49.3±5.4	49.5±4.9	49.7±4.6
体脂肪率 (%)	26.6±8.7	26.5±6.2	25.5±6.7	25.4±6.4	25.5±6.5	25.7±6.5	26.1±6.1	26.6±5.9
体脂肪量 (kg)	13.7±4.7	13.5±4.3	12.9±4.5	12.5±4.1	12.9±4.3	12.9±4.3	13.2±4.0	13.5±4.0

Mean ± SD で示す

表3. 安静時エネルギー消費量と体重・体脂肪量・体脂肪率の相関

Pearson の相関係数	体重 (kg) n=48	体脂肪率 (%) n=48	体脂肪量 (kg) n=48
安静時エネルギー代謝量	0.461**	0.585**	0.571**

** ; $p<0.001$ で有意な相関あり

表4. 外気温と安静時エネルギー消費量・体重・体脂肪量・体脂肪率の相関

Pearson の相関係数	安静時エネルギー代謝量 (kcal/day) n=48	体重 (kg) n=48	体脂肪量 (kg) n=48	体脂肪率 (%) n=48
外気温 (°C)	-0.189	-0.033	-0.057	-0.057

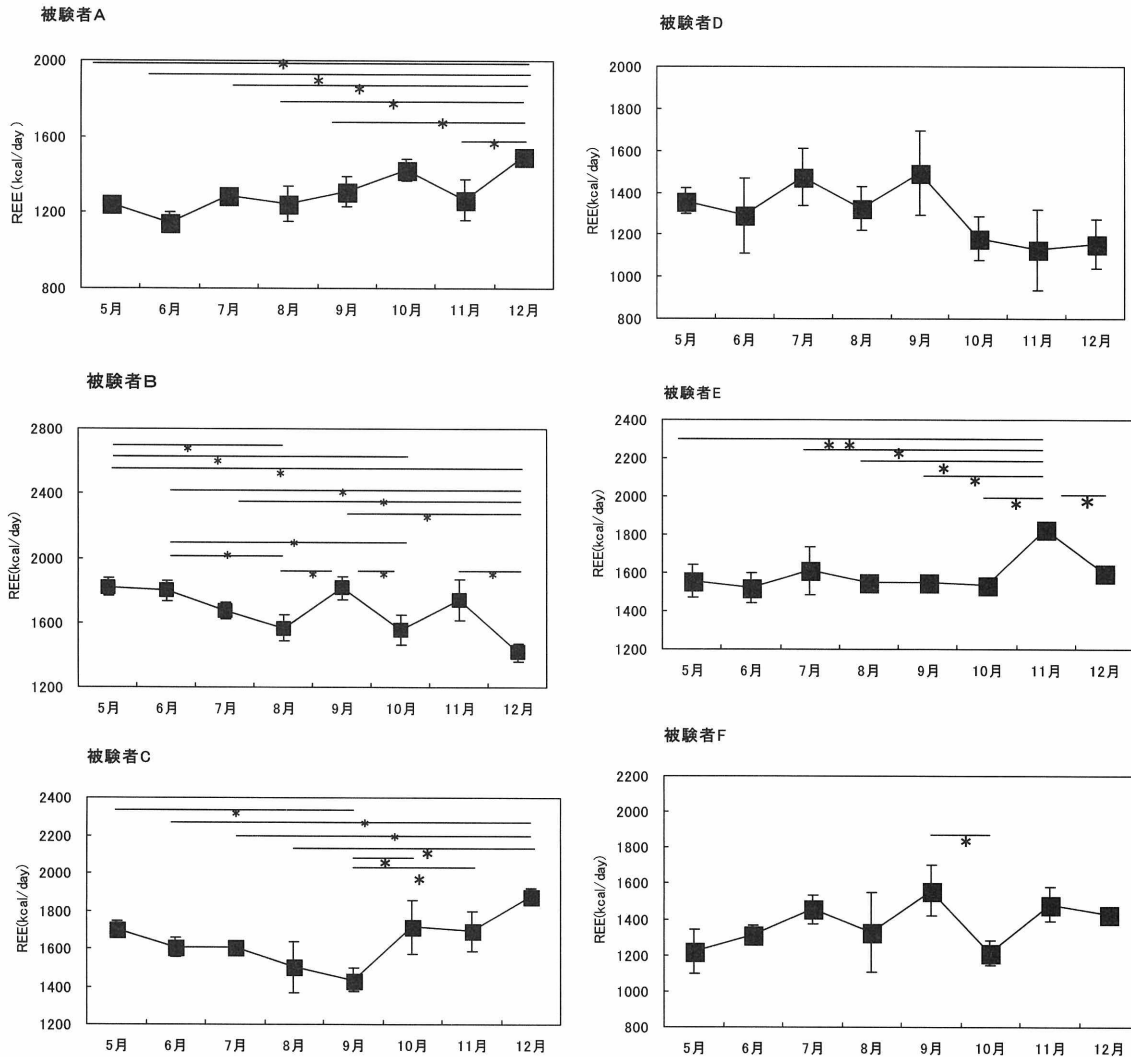


図2. 個人の安静時エネルギー消費量の月間変動

Mean±SDで示す。6人いずれにおいても月間変動が認められた (ANOVA $p<0.005$), Scheffé 方法による多重比較を行った; *, $p<0.05$, **, $p<0.001$

前回22名の女子大生を被験者にした安静時エネルギー消費量の年内変動は認められなかった⁵⁾。しかし、「年内変動はない」と言い切るには、個人の測定値のばらつきが大きかった。そこで本年度はREEの測定の難しさを考慮して、目的、測定方法、測定条件を熟知する検者がかつ被験者となり、出来る限り同一の条件下で測定をおこなった。さらにREEの測定は被験者の都合に合わせて近い日程で4回行い、測定値の誤差が10%前後⁸⁾になるよう心がけた。

REEの月間の変動幅は25.6%であった(表5)。これは体重、体脂肪率の月間の変動幅と比較して大きく、

表5. 安静時エネルギー消費量・体重・体脂肪率の変動幅

	REE n=6	体重 n=6	体脂肪率 n=6	体脂肪量 n=6
月間変動幅 (%)	25.6	4.8	9.4	14.5

月間変動幅 (%) = $100 \times (\text{最大値} - \text{最小値}) / \text{平均値}$; 変動幅は、各測定項目の8ヶ月間の最大値と最小値の差を求め、8ヶ月の平均値で割った百分率で示す。

REEは変動しやすい測定項目であることがわかる。また基礎代謝量の年内変動幅が10%以下であること

と比較して REE の変動幅 25.6% は大きい、安静時代謝量であること、個人内誤差が 10% 前後であることや実際の測定現場の感覚から妥当な数値だと考えられる。

2. 安静時エネルギー消費量の月間変動

安静時エネルギー消費量が季節を通じて変動するかどうか、5 月から 12 月の 8 ヶ月間調べた結果、8 ヶ月間の REE において有意な変動は認められなかった。また、外気温と REE の間に相関関係はなかった。季節変動が報告されている 1970・80 年代と比較して居住環境が格段に変化し、空調設備が整った一定温度の空間で生活していること、食生活が欧米化し、脂肪エネルギー比率が 1990 年以降 25% を超えていることなどが主たる原因と推察される。新矢ら⁶⁾も成人女性における早朝空腹時安静時エネルギー消費量を 3 年間 1 月に 1 回測定し、春 (3~5 月)、夏 (6~8 月)、秋 (9~11 月)、冬 (12~2 月) の季節間に有意差は認められなかったと報告し、日常生活において暴露される温度が年間を通じて自然環境よりも狭い範囲で変動したためと推論している。

一方個人の月間変動をみると、6 人全てに月間変動が認められた。被験者 C の REE は、夏に低下し冬に上昇するという外気温に伴った月間変動が見られたが、他の被験者は外気温とは対応せず、個々人が異なる変動を示した。Umemiya⁹⁾は週に 1 回、1 年にわたって、一定の温度条件基礎代謝量を測定した 1 例を報告し、外気温には対応していないと報告している。このことは気温以外の他の要因が個々人の安静時エネルギー消費量の月間変動に関与していることを示唆している。他の要因としては食事の質の可能性も考えられ、脂質の摂取量、食事誘導熱産生のタンパク質摂取量が関与しているかもしれない。また、基礎代謝量は運動量にも依存し、夏季に活動的である生徒やマラソンランナーにおいては冬の基礎代謝の増加を報告している^{2, 10, 11)}。さらに就職活動などのストレス要因が関与している可能性もある。換言すれば、外気温による季節的変動というよりは、むしろ食習慣、運動量、ストレスなどの要因により変動していると推察される。日々さらされている寒暖の程度は代謝の順化を引き起こすほど大きくはない。

3. 体組成の月間変動

体重、体脂肪率、体脂肪もこの 8 ヶ月間における変動は認められなかった。前回の結果では体重に年内変動が認められ、体重に引っ張られる形で体脂肪量が冬期に増加した。今回変動が観察されなかったのは 1-4 月の測定値がないことも、関連している可能性はある。外気温と体組成は相関しなかった。

以上空調の整った環境下で生活している学生の体重・体脂肪量に、外気温が及ぼす影響は小さい。

引用文献

- 1) 佐々木隆：日本人の基礎代謝の推移，代謝 **16** (1), 3-12 (1979)
- 2) 中村正：日本人のエネルギー代謝，栄養と食糧 **34** (1), 1-6 (1981)
- 3) Chen, C.H: 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 (1976)
- 4) Yoshimura M, Yukiyoishi K, Yoshioka T and Takeda H: Climatic adaptation of basal metabolism, *Fed. Pro.* **25**, 1169-1174 (1967)
- 5) 末田香里，鈴木かおり，山下侑子：月経周期内の体組成と安静時エネルギー消費量，名古屋女子大学紀要(家政・自然編) **52**, 39-43 (2006)
- 6) 新矢博美，芳田哲也，寄本明，中井誠一：成人女性における早朝空腹時安静時代謝量の季節変動，*日生氣誌* **43** (3), S60 (2006)
- 7) 末田香里，尾島由美子，各務雅子：安静時エネルギー消費量，体重及び体組成の年内変動，名古屋女子大学紀要 **53** (家・自)，119-124 (2007)
- 8) 杉山三千子，三橋扶佐子，細谷憲政治，他 10 名：携帯簡易熱量計を用いた安静時エネルギー消費量の測定に関する研究，*栄養-評価と治療* **18** (3), 99-107 (2001)
- 9) Umemiya N: Seasonal variation of physiological characteristics and thermal sensation under identical thermal conditions, *J Physiol Anthropol* **25**, 29-39 (2006)
- 10) H. K. Park, C.A. Yoon and S.K. Hong: Seasonal Variation in the Basal Metabolic Rate of the Korean; *Yonsei Medical Journal*, **10** (2), 139-145 (1969)
- 11) Plasqui G and Westerterp KR: Seasonal variation in Total expenditure and physical activity in Dutch Young adult, *Obesity research*, **12** (4), 688-694 (2004)

最終版平成 20 年 9 月 30 日受理

Notes

Possible Change in Seasonal Variation of Resting Energy Expenditure in Japanese Girl Students

Kaori SUEDA, Momoko ICHIKAWA, Chihiro KATO, Erika SAWANO,
Yurie NAITO, Ayako NAKAJIMA, Yuko YAMAMOTO

Abstract

Aim: Monthly variation in resting energy expenditure was quantified to test the validity of the premise that the metabolism of Japanese is high in winter and low in summer, which was established in the 1970s when air-conditioning was not common.

Methods: Six healthy Japanese female students were both subjects and examiners. Resting energy expenditure (REE) was measured four times using VO₂₀₀₀ Metabolic Analyzer with body composition measured once using In Body^{3.2} (Biospace) in each month for 8 months from May to December, 2007. To determine the significance of possible REE difference by month, subject and body composition, analysis of variance and Scheffe test for multiple comparisons were conducted using SPSS (1.2J for windows).

Results: 1) No significant difference ($p < 0.05$) was found in mean REE of the subjects by month or by season. 2) However, with every subject having her own particular temporal variation in REE as one showing an inverse relationship with outdoor temperature whereas the others did not, significant difference was found between the subjects in the personal pattern of REE change. 3) Individual body weight, fat percentage and total body water didn't change significantly throughout the 8 months.

Conclusion: These results suggest that the effect of the outdoor environment on human physiology has weakened.

Keywords: resting energy expenditure, seasonal variation, air-conditioner use