

朝食の摂食量によるエネルギー消費への影響

花田 玲子*・出口佳奈絵*・山田和歌子*
田中 夏海*・西田 由香*

Influence to the energy expenditure by amount of breakfast in young women

Reiko HANADA*・Kanae IDEGUCHI*・Wakako YAMADA*
Natsumi TANAKA*・Yuka NISHIDA*

Key words : エネルギー消費 energy expenditure
食事誘発性熱産生 diet induced thermogenesis (DIT)
摂食量 food intake
朝食 breakfast

1. 緒言

日本人の食事摂取基準 (2015 年版)¹⁾ では、エネルギー量の摂取と消費のバランスを示す指標として、体格指数 (body mass index: BMI) を用いることが新たに採用された。健康管理と生活習慣病の予防には、目標 BMI に見合ったエネルギー摂取を心がけるだけでなく、エネルギー消費も重要であると提言されている。エネルギー消費は、主に体格や年齢による基礎代謝 60%、運動や日常生活動作による活動代謝 30%、摂食に伴う食事誘発性熱産生 (diet induced thermogenesis : 以下 DIT) 10% から構成される²⁾。

平成 27 年国民健康栄養調査³⁾ では、朝食欠食の成人は男性 14.3%、女性 10.1% に達している。特に若年層では朝食に「何も食べない」者の割合が高く、年齢を重ねるとともに欠食率は減少する。しかし、「菓子・果物などのみ」で朝食を済ませる割合は 20~50 歳代の全体で約 10% を推移している。午前中はエネルギー摂取不足で、昼食や夕食の摂取割合が増えていると考えられる。朝食を欠食し、遅い時間帯で摂食する夜型生活者の DIT は低下し、肥満の一因となることが報告されている⁴⁾。朝食を摂取することで DIT は上昇し、朝食欠食に比べて肥満になりにくいとの報

告^{5, 6)} もあり、摂食時刻や摂食量の違いが肥満と密接に関連していると考えられる。これまで健康管理に効果的なエネルギー消費の観点から、摂食時刻を重視して「何を」「どのくらい」摂取するかを調べた報告は少ない。

本研究では、同一メニューで「少なめ」「ふつう」「多め」の 3 段階の食事を朝食時刻に摂取させ、その後のエネルギー消費量および DIT を検討した。併せて、摂食時刻と摂食量の違いによる満腹度への影響も調べた。

2. 方法

1) 被験者

被験者は、健康な若年女性 7 名 (21.9 ± 1.6 歳) とした。被験者の身体組成を表 1 に示した。被験者には事前に研究の目的と実験内容を説明し、途中辞退もできることを理解させた上で、文書による実験参加の同意を得た。なお、本研究は東北女

表 1 被験者の身体組成

	n = 7
身長 (cm)	155.9 ± 2.2
体重 (kg)	51.3 ± 2.4
BMI (kg/m ²)	21.0 ± 0.7
体脂肪率 (%)	27.4 ± 1.6

(Mean ± SE)

表2 実験食の組成

	少なめ	ふつう	多め
エネルギー	400kcal	600kcal	800kcal
タンパク質 g (%)	16.0 (16)	24.1 (16)	32.1 (16)
脂肪 g (%)	10.2 (23)	15.3 (23)	20.4 (23)
糖質 g (%)	60.9 (61)	91.4 (61)	121.8 (61)
食材の分量 g			
米飯 (米)	50	75	100
焼売	36	54	72
つくね	20	30	40
ツナ (食塩オイル無添加)	20	30	40
レタス	14	21	28
きゅうり	10	15	20
オクラ	6	9	12
カニ風味かまぼこ	7.8	11.7	15.6
コーン (食塩無添加)	14	21	28
ヨーグルト (無糖)	60	90	120
バナナ	40	60	80
味付けのり	2.4	3.6	4.8

タンパク質、脂肪、糖質の () 内数値はエネルギー比率 (%) で示した。

子大学研究倫理委員会の承認 (平成 27 年 8 月 10 日付) を得て実施した。

2) 実験食および実験スケジュール

被験者の身体組成から基礎代謝量を算出し、1 日の総エネルギー摂取量を 1,800kcal と設定した。実験食は、1 日の総エネルギー摂取量の 1/3 の 600kcal を基準として、「ふつう (600kcal)」、「少なめ (400kcal)」、「多め (800kcal)」の 3 段階を設けた。実験食は同一メニューとし、各食材の分量のみを変化させ、タンパク質、脂肪、糖質のエネルギー比率は統一した (表 2)。本研究は、「少なめ」「ふつう」「多め」の 3 種類のうち、いずれか 1 つを朝食時刻に摂取するクロスオーバー試験とし、各実験日は 1 日以上空けて、3 回実施した。昼食はいずれも「ふつう」に統一し、1 日の総エネルギー摂取量が 1,800kcal になるよう夕食で調整した。摂食時刻は、朝食から 5 時間毎に昼食、夕食とし、全ての実験食を完食させた (図 1)。

実験前日は 20 時まで夕食を食べ終え、その後は絶食とし、水分のみ自由摂取として、23 時以前に就寝するように被験者に依頼した。実験当日、被験者は朝食の 1 時間前までに東北女子大学

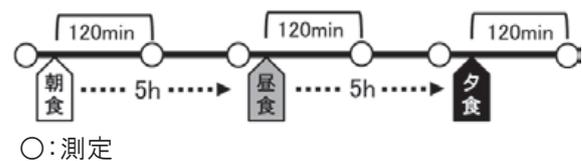


図 1 実験スケジュール

の実験室に来室し、座位安静を保った。実験食の摂取 20 分前および摂食開始から 120 分後にエネルギー消費量を測定した。空腹度・満腹度の調査は実験食の食前および食直後に実施した。

3) エネルギー消費量の測定

エネルギー消費量 (energy expenditure : 以下 EE) は、呼気ガス分析計エアロモニタ AE310s (ミナト医科学株式会社) を用いて座位で測定した。本機器は breath-by-breath 法により連続的に測定した酸素摂取量・炭酸ガス排泄量から EE を算出する。

測定時間は被験者のストレスを考慮して、1 回につき約 20 分とし、そのうち安静状態が保たれた 8 分間の平均測定値を EE とした。食前 EE は摂食 20 分前、食後 EE は摂食開始から 120 分後の各平均 EE とした。なお、本研究では、食前

表3 摂食時刻とエネルギー消費量

	食前 EE (kcal/kg/day)	食後 EE (kcal/kg/day)
朝食	22.1 ± 0.6	27.3 ± 0.8*
昼食	24.1 ± 0.6 [†]	27.5 ± 0.7*
夕食	24.6 ± 0.5 [†]	27.8 ± 0.7*

*p<0.05 vs 各食前、[†]p<0.05 vs 朝食前 (Mean ± SE)

EE と食後 EE の差を DIT とした。実験室の室温は 25 ± 1 °C、湿度は 50~60% の範囲を維持した。活動代謝の影響を最小限に留めるよう、被験者には臥位または座位により安静を終日保つよう依頼した。被験者には活動量計ライフコーダを装着してもらい、実験当日の活動量について、各時間帯および各実験日間で差がないことを確認した。

4) 空腹度・満腹度の調査

実験食の食前および食直後の空腹度・満腹度を、100mm 視覚的アナログ目盛り (visual analogue scales: 以下 VAS) を用いて評価した⁷⁾。100mm の直線上の左端を空腹 0 mm、右端を満腹 100mm とし、被験者が記入した長さを VAS 値とした。食後 VAS 値から食前 VAS 値を差し引いた値を、摂食による満腹度の増加量とした。

5) 統計処理

データは平均値 ± 標準誤差で表した。統計処理には SPSS Statistics 22 for Windows (日本アイ・ビー・エム株式会社) を用いた。各食前と食後の比較は対応のある t 検定を行った。摂食時刻および摂食量の各 3 群間の比較は、反復測定による一元配置分散分析を行い、朝食の摂食量の違いによるその後の EE の比較は、朝食の摂食量を因子 1、測定時刻を因子 2 とする反復測定による二元配置分散分析 (対応ありと対応あり) を行った。いずれも有意な交互作用が認められた場合には Bonferroni 法による多重比較検定を行った。統計的有意水準は危険率 5% 未満とした。

3. 結果・考察

1) 摂食時刻と食事誘発性熱産生

摂食時刻別の食前 EE および食後 EE を表 3 に示した。いずれの摂食時刻においても食前 EE に比較して食後 EE は有意に増加した。昼食前 EE と夕食前 EE は朝食前 EE より有意に高く、食後の EE はほぼ差がみられなかった。平良ら⁶⁾ は、食前 EE が朝より昼、昼より夕で高く示されたと報告しており、本研究においても同様の結果が示された。摂食時刻別の DIT を図 2-1 に示した。朝食の DIT は昼食と夕食に比べて有意に高かった。満腹度の増加量では、朝食後が昼食と夕食後に比べて高い傾向にあった (図 2-2)。以上のことより、朝の時間帯は EE が低い、摂食により DIT が上昇しやすいことが示唆された。

2) 摂食量と食事誘発性熱産生

「少なめ」「ふつう」「多め」の 3 段階の摂食量別の DIT は図 3-1 に、満腹度の増加量は図 3-2 に示した。「ふつう」に統一した昼食を除き、朝食と夕食の結果を示した。摂食量に関係なく、食前 EE に比較して食後 EE は増加し、DIT が認められた。摂食量が「少なめ」では、「ふつう」と「多め」に比べて有意に DIT が低かった。エネルギー摂取量が多いにも関わらず、「多め」の DIT は「ふつう」と同レベルであった。また、摂食量「少なめ」は「ふつう」と「多め」に比べて満腹度の増加量が低かったが、「ふつう」と「多め」は同レベルであった。適度な量を超えてエネルギーを摂取しても DIT や満腹度が増長しない可能性が示唆された。

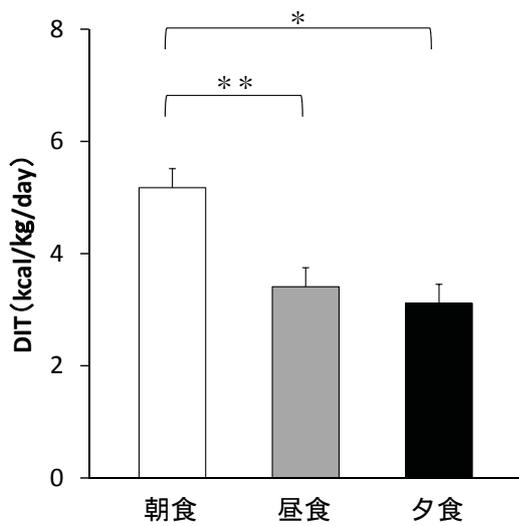


図2-1 摂食時刻と食事誘発性熱産生
*p<0.05、**p<0.01

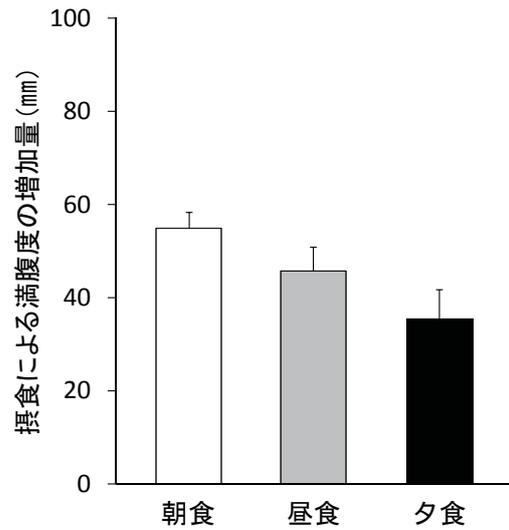


図2-2 摂食時刻と満腹度

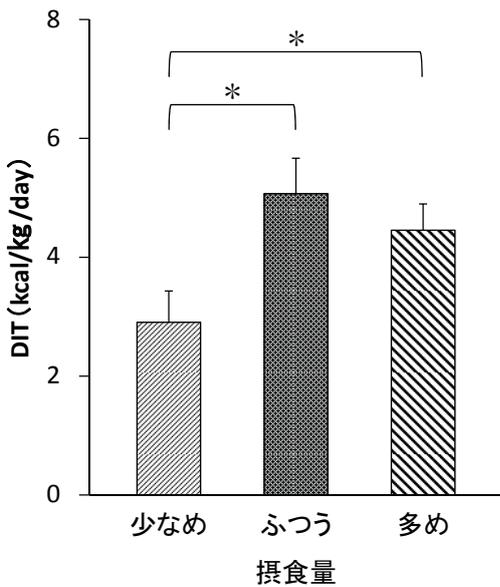


図3-1 摂食量と食事誘発性熱産生
*p<0.01
昼食を除き、朝食と夕食の結果を示した。

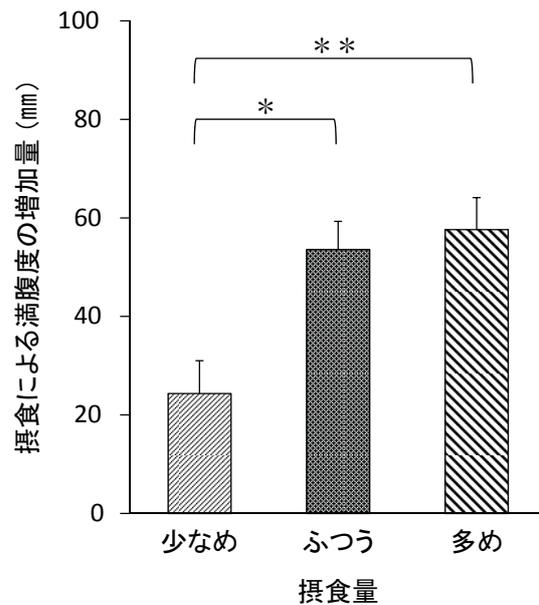


図3-2 摂食量と満腹度
*p<0.05、**p<0.01
昼食を除き、朝食と夕食の結果を示した。

3) 朝食の摂食量とエネルギー消費量

朝食の摂食量とその後のEEに及ぼす影響について調べた(表4)。朝食後EEは「少なめ」「ふつう」「多め」の摂食量に関係なく、いずれも有意に増加した。その後、昼食前EEは再び低下したが、「朝ふつう」と「朝多め」では、朝食前EEよりも高かった。しかし、「朝少なめ」では

昼食前EEが朝食前EEと同レベルまで低下した。

摂食量を統一した昼の食後EEはいずれも同レベルを示し、その後、夕食前EEは朝食の摂食量の違いによる影響は認められなかった。昼食前EEが低いことは、午前中のエネルギー消費が低いことを示している。朝食の果たす役割として、概日リズムの回復を促すとともに低い状態にある

表4 朝食の摂食量の違いによるエネルギー消費量

朝食の 摂食量	朝 EE (kcal/kg/day)		昼 EE (kcal/kg/day)		夕 EE (kcal/kg/day)
	食前	食後	食前	食後	食前
少なめ	22.0 ± 0.8	26.4 ± 1.0*	22.5 ± 0.6	27.0 ± 1.1*	24.9 ± 0.9
ふつう	21.6 ± 0.9	27.6 ± 1.6*	24.4 ± 0.9 [†]	27.8 ± 1.2*	24.1 ± 0.9
多め	22.8 ± 1.2	27.9 ± 1.5*	25.5 ± 1.1 [†]	27.7 ± 1.2*	24.9 ± 0.9

*p<0.05 vs 各食前、[†]p<0.05 vs 朝食前 (Mean ± SE)

エネルギー消費を亢進することがあげられる。本研究では、朝食を摂食しても、摂食量が少ない場合、午前中の EE を高いレベルで維持することができない可能性が示された。朝は欠食をしないだけでなく、適度な量を摂取することが朝から夕にかけて高くなるエネルギー消費の概日リズム形成に重要であると考えられる。

DIT は、褐色脂肪組織により担われており、交感神経刺激の影響を受けることが知られている。交感神経活性が低下すると、褐色脂肪組織による DIT は低下し、エネルギー消費量の減少につながる⁸⁾。交感神経の活動性は昼間に高まり、夜間に低くなる概日リズムがみられることから、1日を通した食事内容は同じでも、早い時刻の摂取量を増やして夜間の摂取量を減らすことは、DIT の亢進につながると考えられる。また、1日2回の給餌間隔を変えて行ったマウスの実験⁹⁾で、同じ食餌量で短い絶食を空けた食餌(夕食)よりも長い絶食を空けた食餌(朝食)の方が体内時計のリセット効果が高いことが明らかになっている。しかし、朝食の割合を明らかに低くした場合(朝食:夕食=1:3)では、夕食側でリセットが起こることも報告されている⁹⁾。体内時計を正常に整える観点から、食事は1日の合計量ではなく、1日3回どのような配分で、どの時間帯に摂取するかが重要であると考えられる。

本研究の限界点として、女性被験者の実験参加時の性周期の条件をコントロールできなかったことがあげられる。性周期に伴う心身の体調などの要因が結果に影響を及ぼした可能性は否定できない。また、朝型や夜型といった日常の生活パター

ンや食嗜好が、DIT や自律神経活動、食欲感覚に及ぼす影響について報告されている^{4,10)}。夜型傾向では DIT の低下や午前中の食欲が減弱しやすいなどの報告^{4,10)}もあることから、朝や夕の各時間帯において、日常よりも多く摂食した場合、熱産生の応答に影響を及ぼすことが考えられる。本研究では被験者の日常生活の食事時刻や食嗜好について区別していない。今後は被験者の生活パターンとの関連についても検討する必要がある。

4. まとめ

1日の総エネルギー摂取量を同一として、朝食の摂食量の違いによるエネルギー消費量(EE)と食事誘発性熱産生(DIT)、満腹度への影響を調べた。摂食時刻毎に DIT を調べてみると、昼食と夕食に比べて朝食で高い値が得られた。摂食量毎に DIT をみると、摂食量が増えると共に DIT と満腹度が増加した。しかし、「ふつう」と「多め」は同レベルであったことから、適度な量を越えたエネルギー摂取では、摂食量に応じて DIT や満腹度が増長しない可能性が示唆された。朝食の摂食量の違いによる昼および夕の EE を調べてみると、「朝少なめ」では昼の食前 EE が低値を示した。1日の体のリズムに合わせた食事の摂り方を考える場合、DIT が高まりやすい朝食に適度な量を摂取することは健康的なエネルギー消費の亢進に効果的であると考えられる。

本研究では朝食の摂食量の違いが朝食後の DIT と満腹度だけでなく、午前中のエネルギー消費に影響することが示唆された。今後は1日のエネルギー収支バランスだけでなく、3食の配分

を考慮した新しい健康管理プランの方向性を検討したいと考えている。

利益相反

利益相反に相当する事項はない。

なお、本研究の一部は JSPS 科研費 (26750051) の助成を受けたものである。

文献

- 1) 菱田明, 佐々木敏 監修:『日本人の食事摂取基準 2015 年版』厚生労働省「日本人の食事摂取基準 (2015 年版)」策定検討会報告書 第一出版, p45-87, オリジナル資料p22-29
- 2) 木村修一, 小林修平 翻訳監修:『最新栄養学 第 7 版 - 専門領域の最新情報 -』建帛社, p1-7 (1997)
- 3) 厚生労働省:平成 27 年国民・健康栄養調査結果の概要 (平成 28 年 11 月)
- 4) 関野由香, 柏絵理子, 中村丁次:食事時刻の変化が若年女子の食事誘発性熱産生に及ぼす影響 日本栄養・食糧学会誌 63(3), 101-106 (2010)
- 5) 永井成美, 坂根直樹, 森谷敏夫:朝食欠食, マクロニュートリエントバランスが若年健常者の食後血糖値, 満腹感, エネルギー消費量, および自律神経活動へ及ぼす影響 糖尿病 48(11), 761-770 (2005)
- 6) 平良拓也, 後藤健二 他:ヒューマンカロリーメーターを用いた朝食, 昼食および夕食の食後におけるエネルギー消費量の推移の比較検討 栄養学雑誌 Vol.68(6), 373-377 (2010)
- 7) 永井成美, 日比壮信 他:視覚的アナログ目盛り (visual analogue scales : VAS) を用いた日本語版食欲質問紙の作成と再現性, 妥当性の検討 日本肥満学会誌 18(1), 39-51 (2012)
- 8) 斉藤昌之:エネルギー消費の自律的調節と肥満に関する分子栄養学的研究 日本栄養・食糧学会誌 56(1), 33-39 (2003)
- 9) Hirao A, Nagahama H, et al. :Combination of starvation interval and food volume determines the phase of liver circadian rhythm in *Per 2::Luc* knock-in mice under two meals per day feeding, *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 299, G1045-G1053 (2010)
- 10) 本窪田直子, 駒居南保 他:夜型指向性が若年女性の自律神経活動, 胃運動および食欲感覚の日中の変動に及ぼす影響 日本栄養・食糧学会誌 69(2), 65-74 (2016)