

食事誘発性熱産生における二相区分概念の見直し — 厳密な代謝測定から見えるもの —

○石原 達朗¹⁾ 中村 嘉恵²⁾ 海老根 直之²⁾

1 同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科

2 同志社大学スポーツ健康科学部

【諸言】

食事誘発性熱産生 (Diet-Induced Thermogenesis : DIT) は、ヒトの総エネルギー消費量のおよそ 10% を占めると考えられている。しかし、運動の影響に比べれば僅かな上、食品の保持・挙上や咀嚼といった食行動として生じる身体動作による代謝亢進を除外して考えるべき概念であることから¹⁾、方法論的な限界によって厳密な評価は困難な現状にある。

DIT には二相性があることが知られており、第一相は食物摂取後 30~40 分継続するとされている^{2,3)}。しかし、これらの研究では測定開始までの身体活動について厳密にコントロールしていないために、測定前の身体活動に起因する運動後余剰酸素消費としての代謝亢進が DIT 第一相に包含されていた可能性を否定できない。加えて、試験食摂取中やエネルギー消費量 (Energy Expenditure : EE) 測定中の身体動作について評価していないために、体動による代謝亢進を含んで評価している可能性も否定できない。

そこで本研究では、測定条件を厳しく設定し、体動の影響を除外できる測定デザインで、分析においても測定精度を向上させたダグラスバッグ (DB) 法を用い、味や温度に影響を受けるとされる DIT 第一相に着目した検討を行った。実験 1 ではカロリーの有無、味や温度の違いが DIT に与える影響について検討し、実験 2 では味の有無が与える影響について単離して検討を行った。

— 実験 1 —

【方法】

健康な大学生 8 名を対象とした。各被検者には、実験前日より飲酒と意図的なカフェイン摂取、高強度運動を控えることを指示した。なお、測定はすべて食後 6 時間経過以降に実施した。

摂取時に生じる体動を統制するために、試験には飲料 (300 ml の豆乳か水) を用いた。摂取時の味や温度によって影響を受けるとされる DIT 第一相について検討するため、高温化により味

が増強されるという報告に基づき⁴⁾、それぞれを 2 種類の温度 (25°C, 60°C) で用意した。順序効果が発生しないようにクロスオーバーデザインで実施し、被検者毎に 2 日間とも実験開始が同時刻となるよう統制した。

DB 法による熱量測定では、マスフローシステムを用いることで、ガス体積測定における検者の手技による誤差を最小化した。また、ヒューマンカロリメーターでも用いられる高解像度質量分析器を用いて、信頼性の高いガス濃度分析を実施した。環境変化を要因とした代謝の変動を抑制するため、測定は環境制御室内にて行った (温度 25°C, 湿度 40%)。また、測定中の体動の変化を評価するため、3 軸加速度計の機能を有す胸部装着型のワイヤレスホルター心電計 (CarPod) を装着させた。

身体活動による代謝亢進がデータに混入しないよう、被検者には測定開始の 40 分前までに穏やかな歩調で入室してもらい、ゆるやかに身体組成の測定を行った。移動や緊張による代謝亢進を除外するため⁵⁾、環境制御室入室までの 25 分間は実験室内で着座にて安静を保持させた。その後代謝測定開始の 10 分前に環境制御室に入室させた。測定開始直後に取得する安静時エネルギー消費量 (Resting Energy Expenditure : REE) は DIT 評価の基線となることから特に重要であるため、マスク装着状態で座位安静を保持させることで環境になじませた。長時間座位安静を強いることになるため、刺激性の低いビデオ映像を視聴させることにより、被検者の精神的負担の増加による体動を抑制した⁶⁾。全ての被検者に了承を得た上で、測定の様子をビデオカメラで撮影し、後に安静が適切に維持されていたことの確認を行った。

REE の測定については 9 分間の採気を 2 回行った。次に、試験飲料を 5 分間で摂取させ、直ちに再びマスクを装着し採気を再開した。その後は飲料摂取後 120 分まで 20 分毎に採気を継続した。

【結果】

図1にはREEとDIT第一相、第二相それぞれのEEを時系列で示した。いずれの温度の場合でも、水を摂取した場合に比べて、豆乳を摂取した場合において有意に高いEEを示した。なお、飲料の種類にかかわらず、摂取温度の違いによるEEの差は検出されなかった。また、EE測定中における体動に差は認められなかった。

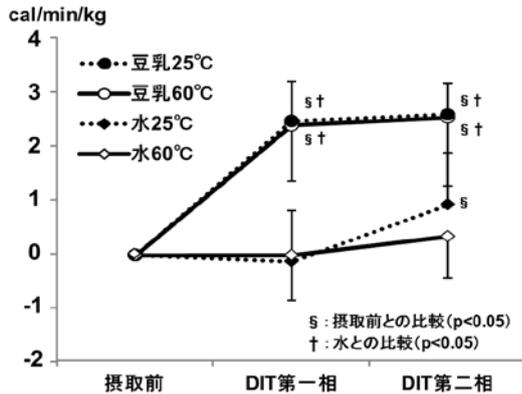


図1. 豆乳、水を2種類の温度で摂取させた場合のEE

【考察】

体動を抑制した飲料の摂取においては、本研究で設定した温度の場合、DITへの影響は極めて小さく、代謝の亢進には摂取物の熱量の有無が色濃く投影されることが明らかとなった。味や温度が違ってもDIT第一相におけるEEに差はみられなかったため、DITの二相区分を行った先行研究では^{2,3)}、第一相に食事摂取にともなう身体動作によって生じたエネルギー代謝の亢進が混入したことで正しく評価できていない可能性が示唆された。

—実験2—

上記結果を踏まえ、カロリーのない人工甘味料を疑似摂取(Sham Feeding: SF)させた場合にはDIT第一相は観察されないのではないかという仮説を立て、検証を行った。

【方法】

健康な大学生4名を対象とした。試験には10gのノンカロリーシロップもしくは水を用い、消化吸収による代謝亢進が生じないように、嚥下を伴わないSFにてクロスオーバーデザインでの検証を行った。

DIT第一相が既報で提案された40分より早く終息する場合にもこれを感知できるよう、より分解能高く連続データが取得できるBreath-by-Breath法を用いて代謝測定を行った。

40分間かけてREE測定を行った後、味を感

じさせるために試験飲料を口の中に含ませ、マスクを再装着させた。5分間のSF中のEEを測定した後、試験飲料を吐き出させ、マスクを再度装着させEE測定を継続した。

上記以外の被検者に対する条件の規定は実験1と同様に行った。

【結果】

図2に、REEとSF中、SF後のEEを時系列に示した。水をSFさせた場合同様、シロップの場合においてもいずれの時点のEEにも有意な高まりは認められなかった。なお、EE測定中の体動に差は認められなかった。

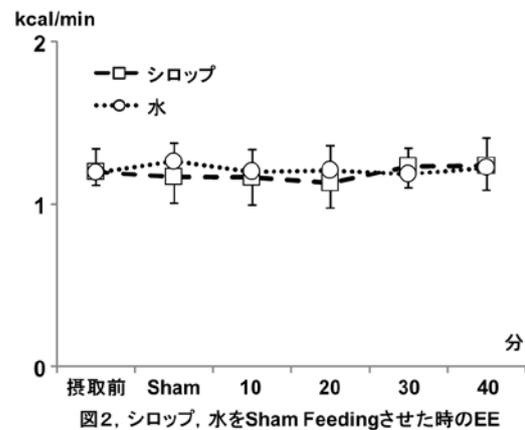


図2. シロップ、水をSham Feedingさせた時のEE

【考察】

厳密に規定した条件下でEE測定を実施したが、シロップの味覚刺激による有意な代謝亢進は認められなかった。従って、味覚(甘み)由来の自律神経を介した代謝亢進は、それが存在する場合であっても間接熱量測定法で評価できる大きさではない可能性が明らかとなった。

【主要参考文献】

- 1) Shutz Y, Bessard T, Jequier E: Diet-Induced thermogenesis measured over a whole day in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr.* 1984, 40:542-552.
- 2) LeBlanc J, Cabanac M: Cephalic postprandial thermogenesis in human subjects. *Physiol Behav.* 1989, 46(3):479-482.
- 3) LeBlanc J, Soucy J: Interactions between postprandial thermogenesis, sensory stimulation of feeding, and hunger. *Am J Physiol.* 1996, 271(4):R936-R940.
- 4) 河村洋二郎: 味覚生理学とその応用. 日本醸造協會雑誌. 1967, 62(2):135-140.
- 5) Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L: Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2006, 106(6):881-903.
- 6) 石原達朗, 宮本明奈, 藤嶋将隆, 山本満, 中江悟司, 海老根直之: 代謝量評価における安静維持課題の検討. *日本生理人類学会誌.* 2012, 18(2):144-145.