

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：84420

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K17949

研究課題名（和文）食事の摂取タイミングがエネルギー消費量の各構成要素に及ぼす影響の解明

研究課題名（英文）The effects of meal timing on energy expenditure

研究代表者

畑本 陽一（HATAMOTO, YOICHI）

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所・国立健康・栄養研究所 栄養・代謝研究部・研究員

研究者番号：90738832

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：近年、夜遅い食事が肥満と関連するとの研究が多数報告されており、その主要因は、夜食時の食べすぎが要因であるとされている。エネルギー収支のアンバランスによって生じる肥満の原因を考える際には、エネルギー摂取量と消費量の両面からの解明が不可欠である。そこで本研究では、夜型の食生活の介入を行い、実験環境下におけるヒトの総エネルギー消費量について、現時点で最も優れた方法を利用し、朝型と夜型のエネルギー消費量が異なるかについて検証した。その結果、両条件でのエネルギー消費量は同等である結果が得られた。今後、自由生活下のエネルギー消費量について、検証していく必要があると考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

令和元年時の国民健康・栄養調査の報告によると、我が国の肥満者数は微増しており、特に30-40歳代の男性では約4割近くが肥満者であると報告されている。肥満は生活習慣病と言われるように、日常生活の複数の因子によって形成されるが、本研究はその要因の一つである夜型の食事に着目し、なぜ夜型の食事が肥満の形成に寄与するのか、についてエネルギー消費量の観点から研究を行った。その結果、朝型の食生活と夜型の食生活では、実験環境下におけるエネルギー消費量の差は認められなかった。そのため、夜型の食事における肥満形成は、食事摂取量に起因する影響度が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In recent years, late evening meals is associated with obesity, and some studies have reported that the main factor is attributed to overeating at night time meals. When considering the causes of obesity caused by an energy imbalance, it is important to examine the both energy intake and consumption. However, there was study to late meal influence the energy expenditure. In this study, we conducted a night time and early dietary intervention and compared the energy expenditure used by the best available methods to measure total energy expenditure of humans under the experimental conditions. The results showed that energy expenditure was equivalent in two conditions. In the future, it is necessary to examine the energy expenditure of physical activity under free-living conditions.

研究分野：エネルギー代謝

キーワード：エネルギー消費量 ヒューマンカロリーメーター 身体活動量 時間栄養 肥満 生活リズム

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

半世紀以上前から「Night eating behavior (夜の遅い時間帯の食事)」は肥満との関連が示唆されており(1)、現在でも、夜の遅い時間帯の食事は体重増加と正の相関があること(2)、夜食は肥満形成のきっかけの要因であること(3)、体重増加の予測因子であること(4)などが示唆されている。また、朝食を習慣的に食べる人は体重コントロールが良好であることを示唆することが、横断研究および前向きコホート研究において報告されている(5-7)。したがって、これらの知見は、日常生活における食事のタイミングが体重維持に影響を与える可能性を示していると考えられる。

概日リズムは食事の消化・吸収や糖・脂質・エネルギー代謝に影響を与えることは多くの先行研究が示しており、食事タイミングと体内時計のズレが体重増加を助長する要因の1つであると考えられる(8-15)。食事のタイミングにおけるエネルギー消費量への影響を検討した先行研究では、朝食の食事誘発性熱産生(DIT)は昼食や夕食よりも高いことから(9, 10)、食事時刻が遅く移行する食事タイミングが繰り返されることでエネルギー出納バランスが崩れ、体重増加を助長する可能性がある。しかし、エネルギー消費量を連続的に測定可能なヒューマンカロリーメーター法を用いた先行研究によると、一過性の遅い夕食摂取(13)、朝食欠食(15)、4時間半夜型に食事タイミングをシフトさせる(16)、のいずれの研究においても、24時間のエネルギー消費量に差は認められなかった。

上記で示した先行研究は、一過性や短期間の影響を検討している。しかし、食事タイミングの違いがエネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにするには、一過性の効果ではなく、慢性効果を比較・評価することが、明らかに合理的な研究結果であると考えられる(15)。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、朝型の食習慣と夜型の食習慣を1週間継続した条件がエネルギー消費量に及ぼす影響について、ヒューマンカロリーメーター法を用いて検討することとした。

### 3. 研究の方法

若年健常男性8名(Table 1)を対象に朝型食生活習慣、夜型食生活習慣、の2条件の介入を無作為順に1週間以上の間隔を空けて実施した(Fig. 1a)。それぞれの食習慣の介入期間は、自由生活下条件を7日間と実験環境下の1日間の合計8日間とし、両条件での食事摂取量および食事内容は全て提供食とし、それ以外の食事は基本的に摂取しないように被験者をお願いした。介入期間中の食事時刻は、以下の時間帯に少なくとも開始していることを条件とした。介入期間中の食事摂取量は、介入前に評価した10日間の3次元加速度計(HJA-750C; Omron Healthcare, Kyoto, Japan)を用いた推定エネルギー消費量をエネルギー摂取量とし、得られた値を採用した。また介入後8日目におけるヒューマンカロリーメーター内での食事摂取量をTable 2に示す。エネルギー摂取量は推定基礎代謝量 $\times 1.3$ に設定した。また介入中の身体活動量は、2条件で可能な限り統一するようにお願いし、そのモニタリングとして介入中の身体活動量を上記の3次元加速度計を用いて評価した。加えて、介入期間中の起床/就寝サイクルは2条件間で可能な限り同様の条件になるように被験者をお願いした(Table 3)。実験環境下におけるエネルギー消費量は、24時間エネルギー消費量が測定可能なヒューマンカロリーメーターを用いて評価した。被験者は、介入7日目の夜にヒューマンカロリーメーターに入室し、介入開始9日目の午前中に退出した(Fig. 1b)。24時間のエネルギー消費量の評価は、8日目の1食目の開始時間から24時間とした。

#### ・自由生活下の食事時刻

朝型の食生活: Breakfast: 7:30-8:30, Lunch: 12:00-13:00, Dinner: 19:00-20:00

夜型の食生活: Lunch: 12:00-13:00, Dinner: 16:30-17:30, Supper: 23:00-24:00

#### ・実験環境下における食事時刻(ヒューマンカロリーメーター内, Fig. 1b)

朝型の食生活: Breakfast: 8:30, Lunch: 13:30, Dinner: 19:30

夜型の食生活: Lunch: 12:00, Dinner: 17:00, Supper: 23:00

本研究のデータ解析は、統計解析ソフト（IBM SPSS Statistics, 日本アイ・ビー・エム株式会社）を用いた。2条件のエネルギー消費量の比較には、対応のあるt検定（two-side test）を用いた。介入期間中の身体活動量は、線形モデルを用いた。全ての値は平均値 ± 標準偏差で表した。

#### 4. 研究成果

2条件間の介入期間における体重に、有意な差は認められなかった ( $p > 0.01$ )。また介入期間中における自由生活条件下の歩数は、2条件間に有意な差は認められなかった。24時間のエネルギー消費量においても、2条件間に有意な差は認められなかった (Figure 2)。本研究の結果から、慢性的な食事の時刻の違いは24時間のエネルギー消費量に影響しないことが示唆された。

Table 1. Participants baseline characteristics (n=8).

Age (years)	20.9 ± 0.8
Height (cm)	172.2 ± 7.2
Weight (kg)	63.5 ± 8.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.3 ± 1.8
Body fat (%)	13.9 ± 4.3
HDL-C (mg/dL)	59.6 ± 7.8
LDL-C (mg/dL)	68.3 ± 14.5
TG (mg/dL)	77.3 ± 26.0
HbA1c (%)	5.0 ± 0.3
Estimated energy expenditure (kca/day)	2465.7 ± 249.6
Step count per day	8324 ± 2279

Mean±SD

Table 2. Energy and macronutrient intakes during the test meal in experimental days.

	Dinner	Breakfast	Lunch	Total intake
Energy intake (kcal)	661 ± 63	660 ± 65	649 ± 42	1970 ± 166
Protein (g)	19 ± 2	27 ± 3	27 ± 3	73 ± 5
Fat (g)	26 ± 2	20 ± 3	17 ± 2	63 ± 5
Carbohydrate (g)	91 ± 8	96 ± 12	92 ± 10	279 ± 26
Protein (%)	11 ± 1	16 ± 2	17 ± 2	14.8 ± 0.4
Fat (%)	35 ± 0	26 ± 3	25 ± 2	28.7 ± 0.2
Carbohydrate (%)	54 ± 0	57 ± 4	58 ± 4	56.5 ± 0.4

Mean ± SD

Table 3. Compliance for eating time, awake-sleeping cycle and physical activity.

	Early feeding	Late feeding	p Value
<b>Eating compliance</b>			
Compliance rate (%): Eating episodes out of range (per 7days during intervention)	98.1 ± 3.5	97.5 ± 4.8	0.489
Compliance rate (%): Eating episodes with non-study food items consumed, % (per 7days during intervention)	99.3 ± 1.8	97.4 ± 3.7	0.964
<b>Physical activity Compliance (Step counts)</b>			
Day 1-2 <sup>#</sup>	6730 ± 3730	6486 ± 3722	0.345
Day 3-4	10289 ± 4892	8042 ± 2998	0.792
Day 5-6	8976 ± 3657	9781 ± 5415	0.580
Day 8-9 in experiment days <sup>#</sup>	91 ± 76	103 ± 76	0.721
<b>Time of sleep and wake up</b>			
Sleep duration (hour)	7.0 ± 0.6	7.3 ± 0.5	0.301
The time of waking up	7:20 ± 0:19	8:11 ± 0:33	<0.001
The time of go to bed	0:20 ± 0:23	0:56 ± 0:24	0.009

Data are expressed as mean±SD.

Mean values were compared using Paired t test (two-tailed).

#. A linear mixed effect model was used to assess the main effect.

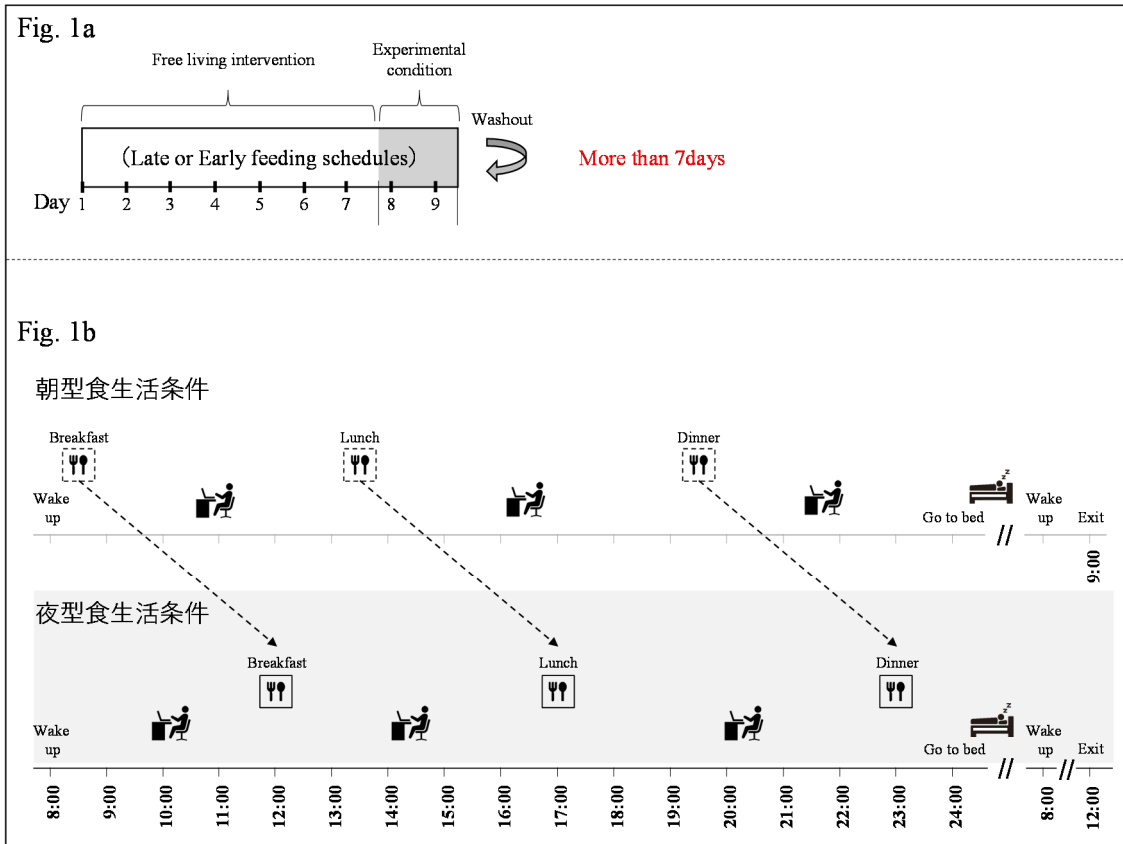


Fig 1a. : 介入研究のスケジュール (ランダム化クロスオーバー試験)

Fig1b. : ヒューマンカロリメーター測定時の実験スケジュール.  
夜型条件の食事時刻は、朝型条件の食事時刻を 4.5 時間シフトさせた条件とした。

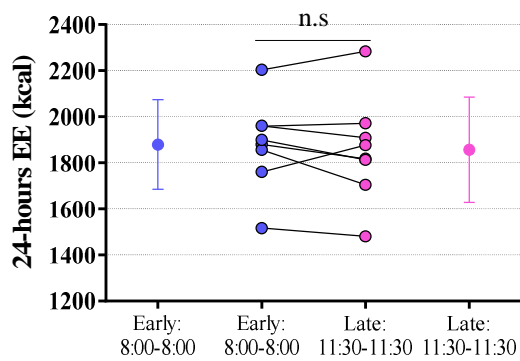


Figure 2. 食事時刻の違いにおける 24 時間エネルギー消費量の比較

食事タイミングの異なる 2 条件間に差は認められなかった (Paired t-test, two-side test)

Early : 朝型食生活条件, Late : 夜型食生活条件

24-hours EE : 24 時間のエネルギー消費量

## 参考文献

1. Stunkard AJ, Grace WJ, Wolff HG. The night-eating syndrome; a pattern of food intake among certain obese patients. *The American journal of medicine*. 1955 Jul;19:78-86.
2. McHill AW, Phillips AJ, Czeisler CA, Keating L, Yee K, Barger LK, Garaulet M, Scheer FA, Klerman EB. Later circadian timing of food intake is associated with increased body fat. *Am J Clin Nutr*. 2017 Nov;106:1213-9.
3. Marshall HM, Allison KC, O'Reardon JP, Birketvedt G, Stunkard AJ. Night eating syndrome among nonobese persons. *The International journal of eating disorders*. 2004 Mar;35:217-22.
4. Gluck ME, Venti CA, Salbe AD, Krakoff J. Nighttime eating: commonly observed and related to weight gain in an inpatient food intake study. *Am J Clin Nutr*. 2008 Oct;88:900-5.
5. Ma Y, Bertone ER, Stanek EJ, 3rd, Reed GW, Hebert JR, Cohen NL, Merriam PA, Ockene IS. Association between eating patterns and obesity in a free-living US adult population. *American journal of epidemiology*. 2003 Jul 1;158:85-92.
6. Purslow LR, Sandhu MS, Forouhi N, Young EH, Luben RN, Welch AA, Khaw KT, Bingham SA, Wareham NJ. Energy intake at breakfast and weight change: prospective study of 6,764 middle-aged men and women. *American journal of epidemiology*. 2008 Jan 15;167:188-92.
7. Timlin MT, Pereira MA. Breakfast frequency and quality in the etiology of adult obesity and chronic diseases. *Nutrition reviews*. 2007 Jun;65:268-81.
8. Maury E, Hong HK, Bass J. Circadian disruption in the pathogenesis of metabolic syndrome. *Diabetes & metabolism*. 2014 Nov;40:338-46.
9. Romon M, Edme JL, Boulenguez C, Lescroart JL, Frimat P. Circadian variation of diet-induced thermogenesis. *Am J Clin Nutr*. 1993 Apr;57:476-80.
10. Morris CJ, Garcia JI, Myers S, Yang JN, Trienekens N, Scheer FA. The Human Circadian System Has a Dominating Role in Causing the Morning/Evening Difference in Diet-Induced Thermogenesis. *Obesity (Silver Spring)*. 2015 Oct;23:2053-8.
11. Gu C, Brereton N, Schweitzer A, Cotter M, Duan D, Børsheim E, Wolfe RR, Pham LV, Polotsky VY, Jun JC. Metabolic Effects of Late Dinner in Healthy Volunteers—A Randomized Crossover Clinical Trial. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2020;105:2789-802.
12. Ogata H, Hatamoto Y, Goto Y, Tajiri E, Yoshimura E, Kiyono K, Uehara Y, Kawanaka K, Omi N, Tanaka H. Association between breakfast skipping and postprandial hyperglycaemia after lunch in healthy young individuals. *Br J Nutr*. 2019 Aug 28;122:431-40.
13. Sato M, Nakamura K, Ogata H, Miyashita A, Nagasaka S, Omi N, Yamaguchi S, Hibi M, Umeda T, Nakaji S. Acute effect of late evening meal on diurnal variation of blood glucose and energy metabolism. *Obesity research & clinical practice*. 2011;5:e220-e8.
14. Kobayashi F, Ogata H, Omi N, Nagasaka S, Yamaguchi S, Hibi M, Tokuyama K. Effect of breakfast skipping on diurnal variation of energy metabolism and blood glucose. *Obes Res Clin Pract*. 2014 May-Jun;8:e201-98.
15. Ogata H, Kayaba M, Tanaka Y, Yajima K, Iwayama K, Ando A, Park I, Kiyono K, Omi N, et al. Effect of skipping breakfast for 6 days on energy metabolism and diurnal rhythm of blood glucose in young healthy Japanese males. *Am J Clin Nutr*. 2019 May 16.
16. Kelly KP, McGuinness OP, Buchowski M, Hughey JJ, Chen H, Powers J, Page T, Johnson CH. Eating breakfast and avoiding late-evening snacking sustains lipid oxidation. *PLoS biology*. 2020;18:e3000622.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hatanaka M, Hatamoto Y, Tajiri E, Matsumoto N, Tanaka S, Yoshimura E.	4. 巻 14(2)
2. 論文標題 An Earlier First Meal Timing Associates with Weight Loss Effectiveness in A 12-Week Weight Loss Support Program	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nutrients	6. 最初と最後の頁 249
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/nu14020249	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------