

平成30年6月22日現在

機関番号：27103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26440262

研究課題名(和文) 食事誘発性熱産生を指標とした光と食事がサーカディアンリズムへ及ぼす影響の把握

研究課題名(英文) Effects of the light exposure and food intake on circadian rhythms of diet-induced thermogenesis in humans.

研究代表者

福田 裕美 (Fukuda, Yumi)

福岡女子大学・国際文理学部・助教

研究者番号：50551412

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、エネルギー消費の一種である食事誘発性熱産生(DIT)を指標に、光刺激が食事の量や内容に依存せずにエネルギー消費に影響を及ぼすか否か、また、その影響がヒトの体格(BMI)によって異なるか否かを明らかにすることを目的とした。実験結果より、光刺激が食事の量や内容に依存せずにエネルギー消費に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、自然の光環境に近い明暗サイクルの中で生活することが、生体リズムを維持し、ヒトの身体的特性をカバーし、身体の健康維持に役立つ可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the effect of light exposure on diet-induced thermogenesis (DIT) without relying on food intake. DIT is one kind of energy expenditure. Another aim of this study is to clarify whether the effect varies with human physical features (body-mass index: BMI). In the results, we found that light exposure significantly affected energy expenditure independent of food intake. The retention of ordinary light-dark cycles may be recommended for keeping biological rhythms, making up for physical features, and health maintenance.

研究分野：時間生物学

キーワード：光 食事誘発性熱産生 生体リズム 体格 朝型夜型

1. 研究開始当初の背景

近年の健康問題として取り上げられることの多いメタボリックシンドロームは、エネルギー摂取と消費のバランスが崩れることから生じている。メタボリックシンドロームが増加する背景には、食事の欧米化にともなう内容の変化(高脂肪食傾向)に加え、不規則な食事や運動不足などの生活リズムの乱れが関係していると考えられる。さらに、最近の研究では、夜の光暴露と肥満や脂質代謝異常症との相関が報告されている^{1), 2)}。しかし、これらの研究には食事の摂取状況の把握が含まれておらず、夜の光暴露と生活リズムの乱れとの相関を示しているのか、夜間の光暴露によってエネルギー消費が直接影響を受けているのかは明らかではなかった。

2. 研究の目的

本研究では、エネルギー消費の一種である食事誘発性熱産生(DIT)を指標に、光刺激が食事の量や内容に依存せずにエネルギー消費に影響を及ぼすか否かを明らかにすることを第一の目的とし、その影響がヒトの体格によって異なるか否かを明らかにすることを第二の目的とした。

DITは食後の消化・吸収にともなうエネルギー消費の増加を示し、エネルギー消費全体の割合としては少ない(総エネルギー消費量のおよそ10%)が、食事の時間や内容によって比較的容易に変化させることができることから、持続的な肥満予防につながることで期待されている成分である。

本研究成果は、現代日本におけるメタボリックシンドロームの予防、学力、知力、体力の増進と健全な人格形成の促進、寿命の延長など、ヒトの健康に多岐にわたって貢献すると考えられる。

3. 研究の方法

3 - 1. 光がDITに及ぼす影響

同一被験食を朝(8:00)、昼(12:00)、夜(20:00)に摂取した際の、以下の光環境下におけるDITの変動を把握した。

DD: 一日中 Dim

BD: 日中 Bright、夜間 Dim

BB: 一日中(睡眠時は除く) Bright

日中は7:00~18:00とし、夜間は18:00~24:00とした。DimとBrightは、それぞれ50 lx以下、約7000 lxとした。食事の間隔は12時間以上とし、その間は水以外は絶食とした。

被験者は健康な女子大学生10名(21-22歳)であった。被験者には、実験前6日間は7±1時起床、24±1時就床の規則正しい生活を送り、過剰な運動やアルコールの摂取は控えるよう指示した。被験者は、実験中は7時起床、24時就床のリズムで過ごし、光を発するモニター画面(PC、携帯電話など)の使用を禁止した。被験者は3日以上の間隔をあけて3条件全てに参加した。実験は福岡女子大

学の人工気候室内(気温26±1℃、湿度60±2%RH)で行った。

食事は、1食当たり市販のインスタント白飯、レトルトカレー、温野菜(冷凍食品)、ドレッシング、ゆで卵1個、ヨーグルト1個、お茶からなる607 kcalのものとした。

呼吸代謝測定装置(VO2000, MGC)を用いて呼吸分析を行い、各食事摂取30分前と摂取後30分間隔で2時間までの安静時エネルギー量を各5分間測定し、食後の各安静時代謝量から食前の安静時代謝量を引いた値をDITとした。また、光刺激がエネルギー消費へ及ぼす影響のメカニズムを検討するため、食事前後30分における心拍変動を心電図計(Activetracer AC-301A, GMS)により測定した。得られたデータの統計処理は、SPSS(Ver. 22, IBM Inc.)を用いて行った。

3 - 2. 体型とDITの関係

女子大学生372名に対してアンケート調査を行い、体型(やせ、普通、肥満)と食生活、運動習慣、睡眠状況、健康度との関係を把握した。

実験では、同一被験食を昼(12:00)に摂取した際のDITを以下の光環境下で測定し、体格指数(BMI)とDITとの関係を把握した。

DD: 一日中 Dim

BD: 日中 Bright、夜間 Dim

実験は3 - 1における手順に準ずるものとした。被験者は健康な女子大学生30名(21.1±1.1歳)であった。被験者は、同一内容の食事を一日目の20:00と二日目の12:00に摂取した。その間の16時間は、水以外は絶食とした。

体重は昼食の30分前に測定し(Inner Scan BC-600, Tanita Co., Japan)、身長は大学で行われる健康診断の値を用いた。実験開始前に、被験者は朝型夜型質問紙(MEQ 日本語版, 石原ら, 1986)に回答した。

本研究は福岡女子大学倫理委員会で承認を受けており、インフォームドコンセントが得られた被験者に対して実施されたものである。

4. 研究成果

4 - 1. 光がDITに及ぼす影響

DD、BD、BB環境下でDITの日内変動は異なった(図1)。BD条件ではDITの統計的に有意な日内変動が見られた($P < 0.05$, 2元配置分散分析)が、DD条件とBD条件では日内変動は有意ではなく、DD条件では日内変動は小さく、BD条件では日内変動が乱れることが示された。この結果より、光刺激が食事の量や内容に依存せずにエネルギー消費に影響を及ぼすことが明らかとなった。日中の高照度暴露、夜間の低照度暴露というBDの光環境は、人類の長い歴史の中で過ごしてきた光環境に最も近く、人類が獲得した代謝機能の環境への適応が、BD条件でDIT

の日内変動を示す結果につながったと考えられる。この結果は、ヒトの代謝機能における光の明暗サイクルの重要性を示しており、健康の維持・増進のための有益な知見になりうると考えている。

自律神経活動（交感神経成分 LF/HF, 副交感神経成分 HF, 超低周波成分 VLF）と DIT の挙動は一致せず、DIT の変動にはホルモン分泌など他の要因が影響していることも推察された。光が DIT へ影響を及ぼすメカニズムについては、今後さらなる実験によって明らかにする必要がある。

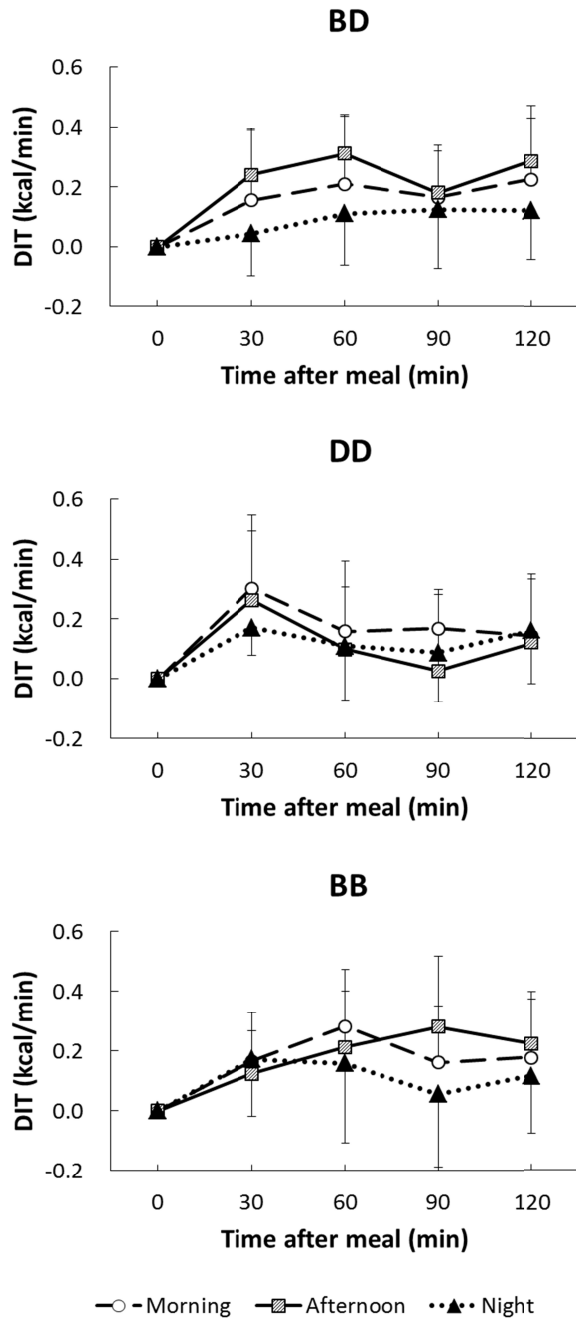


図1 異なる光環境下での DIT の変動³⁾

4 - 2. 体型と DIT の関係

アンケート調査より、国民健康・栄養調査による全国データと比較して、女子大学生はやせ傾向にあることが示された。また、やせ群と普通群の食生活はほぼ違いがないにもかかわらず、やせ群は睡眠習慣が夜型に近いことが示された。DIT と BMI の相関は、DD 条件下でのみ有意であり ($R^2 = 0.22, P < 0.01$, 単回帰分析) BD 条件では有意ではなかった。この結果より、光環境の明暗サイクルは、異なる BMI を示すヒトのエネルギー消費を同調させる可能性が示された。さらに、朝型夜型を示す MEQ スコアと BMI の相関は有意な傾向を示し ($R^2 = 0.12, P = 0.06$)、体型がやせのヒトほど夜型傾向であることが示された。その相関は強くはないが ($R = 0.35$)、人々の生活スタイルと体型との間の重要な関係を示唆している可能性がある。さらに、この結果より、女子大学生のやせ体型が健康的な生活スタイルを反映するものではないことが示された。

アンケート結果より、やせ群と比較して普通群は睡眠習慣がよいことが明らかとなった。また、日中の高照度暴露、夜間の低照度暴露という明暗サイクルの光環境は、ヒトの原始的な生活リズムに最も近いことから、体格が標準的なヒトは、代謝機能を光環境に適応させ、昼間の DIT を高く、夜間の DIT を低くさせている可能性が考えられた。

3 - 1 と 3 - 2 の結果より、自然の光環境に近い明暗サイクルの中で生活することが、生体リズムを維持し、ヒトの身体的特性をカバーし、身体健康維持に役立つ可能性があることが示された。これらの研究成果は、人類が長く自然の明暗リズム下で過ごしたことで獲得した自然光への適応を示すものであり、夜間も明るい光環境下で過ごすことの多い現代日本人の生活習慣へ問題提起するものである。今後は、日常生活の中で暴露される光の影響に関してさらなる研究を進め、ヒトの健康の維持と増進に役立つ知見を社会に提供したいと考えている。

< 引用文献 >

- 1) Obayashi K et al., Exposure to light at night, nocturnal urinary melatonin excretion, and obesity/dyslipidemia in the elderly: a cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. J Clin Endocrinol Metab., 2013.
- 2) McFadden E et al., The Relationship Between Obesity and Exposure to Light at Night: Cross-Sectional Analyses of Over 100,000 Women in the Breakthrough Generations Study. Am J Epidemiol. 2014.
- 3) Fukuda Y, Morita T, Effects of the light-dark cycle on diurnal rhythms of diet-induced thermogenesis in humans. Chronobiol Int., 2017.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

Fukuda Y, Morita T: Effects of light-dark cycle on diurnal rhythms of diet-induced thermogenesis in humans. *Chronobiol Int.* 34:pp1465 - 1472, 2017.

Fukushige H, Fukuda Y, Tanaka M, Inami K, Wada K, Tsumura Y, Kondo M, Harada T, Wakamura T, Morita T: Effects of tryptophan-rich breakfast and light exposure during the daytime on melatonin secretion at night. *J Physiol Anthropol.* 33:33, 2014.

[学会発表](計19件)

Fukuda Y, Ando Y, Morita T: Effects of light-dark cycle on relationship between BMI and DIT. 2017 Symposium of the Society for the Study of Human Biology & International Association of Physiological Anthropology, Loughborough, UK, September 2017.

Fukuda Y, Morita T: Light-dark cycle induces circadian rhythms of diet-induced thermogenesis. The 12th International Congress of Physiological Anthropology, S1-4, Chiba, Japan, October 2015.

Fukuda Y, Morita T: Bright light exposure increases diet-induced thermogenesis. International Symposium on Human Adaptation to Environment and Whole-body Coordination, P8, Kobe, Japan, March 2015.

Fukuda Y, Masutomi C, Morita T: Effects of bright light exposure on diurnal rhythms of diet-induced thermogenesis, International Symposium by JSC in 2014, P-101, Fukuoka, Japan, November 2014.

福田裕美, 増富千尋, 森田健: 日中と夜間の高照度光暴露が食事誘発性熱産生の日内変動へ及ぼす影響, 第21回日本時間生物学会学術大会, P-101, 福岡, 2014年11月.

福田裕美, 増富千尋, 森田健: 光環境が食事誘発性熱産生の日内変動へ及ぼす影響, 第70回日本生理人類学会, 02-6, 福岡, 2014年6月.

[図書](計3件)

福田裕美(翻訳): 「第5章 体内時計と精神活動」, 第6章 食事、代謝、老廃物の排出」, *Keeping in time with*

your body clock, 京都大学出版会 (in press).

Fukuda Y, Morita T: "Intake of tryptophan-rich foods, light exposure, and melatonin secretion", "Serotonin and melatonin: their functional role in plants, food, phytomedicine, and human health", CRC Press, pp297 - 303, 2016.

[産業財産権]

該当せず

[その他]

ホームページ等

<http://www.fwu.ac.jp/teachersdatabase/ist/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

福田 裕美 (FUKUDA, Yumi)

福岡女子大学・国際文理学部・助教

研究者番号: 50551412

(2)研究分担者

森田 健 (MORITA, Takeshi)

福岡女子大学・国際文理学部・教授

研究者番号: 20326474

(3)研究協力者

Jim Waterhouse (WATERHOUSE, Jim)

Liverpool John Moores University