

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月17日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300233

研究課題名（和文）

エネルギー代謝調節と睡眠制御の相互作用に基づく体重管理についての基盤研究

研究課題名（英文）

Control of body weight based on the interaction between energy metabolism and sleep.

研究代表者

徳山薫平（KUMPEI TOKUYAMA）

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：00207565

研究成果の概要（和文）：

遅い時刻の夕食や朝食欠食などの食習慣は24時間のエネルギー消費量に影響しないが、24時間の平均血糖値を上昇させた（研究発表論文1）。朝食前の運動は朝食後の運動に比べて24時間で脂肪される酸化の量が多く、体脂肪増加の抑制に有効である可能性が示唆された（研究発表論文2）。また非運動性身体活動によるエネルギー消費の有無が血糖調節に影響することを明らかにした（研究発表論文3）。睡眠時無呼吸が重症化するに従ってエネルギー消費は高い傾向となり、脂肪酸化が抑制されていた（投稿準備中）。

研究成果の概要（英文）：

Late evening meal delays onset of sleep, enhances average blood glucose over 24 h, but does not support that late evening meal reduces 24 h energy expenditure. Compared with exercise performed in the postprandial state, exercise performed in the post-absorptive state oxidized more fat and saved more carbohydrate in the body, without affecting 24 h energy expenditure. Nonexercise activity thermogenesis plays an important role in long-range negative correlation and hence long-term blood glucose control in healthy young adults. Thus difference in life style affect 24 h energy metabolism and sleep. Patients with sleep apnea syndrome oxidized less fat during sleep, and their energy expenditure was slightly higher than that of control subjects.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2011年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2012年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：運動栄養学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 応用健康科学

キーワード：ヒューマン・カロリメータ、肥満、睡眠、運動処方

1. 研究開始当初の背景

肥満の予防には運動や食事制限など生活習慣の改善が大切であることが熟知され、多くの介入が試みられているにも関わらず一時的な体重減少の後にリバウンド現象が見られる (Am J Clin Nutr. 74:579, 2001)。最近、肥満のリスクの一つとして睡眠不足を指摘する疫学調査が発表されている (Nature Reviews 5:253,2009)。国民の約 2 割は睡眠が不十分であると感じており、睡眠障害による推計患者数は年々増加している。更に、エネルギー代謝の調節と睡眠の制御が調節因子を共有して協調している可能性が最近示されている (Metabolism 55:S24,2006)。

2. 研究の目的

エネルギー代謝調節と睡眠制御の相互作用を明らかにしながら、食事と運動が睡眠の質と量を改善し、それによって持続可能な体重管理が達成される可能性を探求する。そのために、エネルギー代謝調節と睡眠制御の相互作用を現象としてヒトにおいて示す。

3. 研究の方法

睡眠時エネルギー代謝をヒューマン・カロリメータによる間接熱量測定で測定し、睡眠ポリグラフで計測した睡眠の質と量との関連を検討する。睡眠時無呼吸の有無を睡眠時無呼吸症候群の治療前後の比較から行い、更に睡眠に対する間接的介入として夕食の時間を変えて睡眠時エネルギー代謝を測定して検討した。

4. 研究成果

睡眠深度と睡眠時エネルギー代謝には関連があることが確認できた (睡エネルギー代謝と睡眠の相関関係で因果関係とまでは特定できない)。睡眠時無呼吸においてはエネルギー代謝が亢進しており、これは呼吸努力に要する呼吸筋の活動に由来する可能性が考えられた。更に呼吸交換比の変化から炭水化物代謝の亢進 (脂質酸化の低下) が認められた。

睡眠や睡眠時エネルギー代謝は食事、特に夕食の摂取時間や内容の影響を受け、遅い時刻の夕食は睡眠潜時を延長し、また高炭水化物食は睡眠前半の深睡眠を減少させる作用のあることが示唆された。食事に介入して睡眠時エネルギー代謝の基質を変化させることで睡眠深度に影響が出ることは、エネルギー代謝と睡眠との間で双方向に影響を及ぼしている可能性を示唆している。

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 5 件)

- ① Ogata H, K.Nakamura, M.Sato, K.Tokuyama, S.Nagasaka, N.Ebine, K.Kiyono, Y.Yamamoto. Lack of negative correlation in glucose dynamics by NEAT restriction in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 査読有、45 巻、2013, 60-6.

- ② Shimada K, Y. Yamamoto, K. Iwayama, K. Nakamura, S. Yamaguchi, M. Hibi, Y. Nabekura, K. Tokuyama. Effect of exercise performed before or after breakfast on 24h fat oxidation. *Metabolism* 査読有、63 卷、2013, 793-800.
- ③ Otoda T, T. Takamura, H. Misu, T. Ota, S. Murata, H. Hayashi, H. Takayama, A. Kikuchi, T. Kanamori, K. R. Shima, F. Lan, T. Takeda, S. Kurita, K. Ishikura, Y. Kita, K. Iwayama, K. Kato, M. Uno, Y. Takeshita, M. Yamamoto, K. Tokuyama, S. Iseki, K. Tanaka, S. Kaneko. Proteasome dysfunction mediates obesity-induced endoplasmic reticulum stress and insulin resistance in the liver. *Diabetes* 査読有、62 卷、2013, 811-824.
- ④ Ogata H, K. Tokuyama, S. Nagasaka, T. Tsuchita, I. Kusaka, S. Ishibashi, H. Suzuki, N. Yamada, K. Hamano, K. Kiyono, Z. R. Struzik, Y. Yamamoto. The lack of long-range negative correlations in glucose dynamics is associated with worse glucose control in diabetes mellitus patients. *Metabolism* 査読有、61 卷、2012, 1041-1050.
- ⑤ Sato M, K. Nakamura, H. Ogata, A. Miyashita, S. Nagasaka, N. Omi, S. Yamaguchi, M. Hibi, T. Umeda, S. Nakaji, K. Tokuyama. Acute effect of late evening meal on diurnal variation of blood glucose and energy metabolism. *Obesity Research and Clinical Practice* 査読有、5 卷 2011, e220- e228.
- [学会発表] (計 5 件)
- ① 萱場桃子、岩山海渡、緒形ひとみ、瀬谷友美、徳山薫平、佐藤誠 就寝前の短波長光暴露が睡眠と代謝に及ぼす影響. 日本睡眠学会第 37 回定期学術集会(横浜、2012. 6. 28-30).
- ② 岩山海渡、嶋田健士郎、山本ゆき、中村和照、山口幸子、日比壮信、鍋倉賢治、徳山薫平 早朝空腹時の運動は 24 時間エネルギー代謝に影響するか. 第 67 回日本体力医学会大会(岐阜市、2012. 9. 14-16)
- ③ Tokuyama K, H. Ogata, F. Igawa, K. Iwayama, Y. Katayose, M. Satoh. Metabolic rate and fuel utilization during sleep. *Recent Advances and Controversies in Measuring Energy Metabolism*. (Maastricht, Netherlands. 2011, 11. 2-4)
- ④ Shimada K, Y. Yamamoto, K. Nakamura, K. Iwayama, Y. Nabekura, S. Yamaguchi, M. Hibi, K. Tokuyama. Matutinal training promotes 24h fat oxidation. *Recent Advances and Controversies in Measuring Energy Metabolism*. (Maastricht, Netherlands. 2011, 11. 2-4).
- ⑤ 緒形ひとみ、小林芙美、岩山海渡、日比壮信、田中茂穂、徳山薫平. ヒューマンカロリメータを用いた安静時代謝に関する基礎的検討. 第 32 回日本肥満学会(淡路島、2011. 9. 23-24)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳山 薫平 (TOKUYAMA KUMPEI)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：00207565

(2) 研究分担者

佐藤 誠 (SATO MAKOTO)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：50242409

長坂 昌一郎(NAGASAKA SHOICHIRO)

自治医科大学・医学部・准教授

研究者番号：00296112