

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

誌名	日本栄養・食糧学会誌
ISSN	02873516
著者名	関野,由香 柏,絵理子 中村,丁次
発行元	日本栄養・食糧学会
巻/号	63巻3号
掲載ページ	p. 101-106
発行年月	2010年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

関野由香¹, 柏絵理子², 中村丁次^{*1,2}

(2009年7月5日受付; 2010年1月18日受理)

要旨: 社会環境の変化にともない、夜間生活が一般化してきている。本研究では、夜遅い時刻の食事摂取が、食事誘発性熱産生 (DIT) に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。喫煙習慣のない健康な女子大学生 (平均年齢 20.5 ± 1.2 歳) 33 名を対象に、一律 500 kcal の食事を、7:00, 13:00, 19:00 に摂取する朝型と、13:00, 19:00, 1:00 に摂取する夜型の 2 種類を設定し、クロスオーバー法にて DIT を測定、評価した。朝型では 7:00 の食事の DIT が、他の時刻の値に比べて有意に高く ($p < 0.05$)、夜型では深夜 1:00 の食事の DIT が、他の時刻の値に比べて有意に低くなった ($p < 0.01$)。3 食分の DIT を合計した 3 食合計 DIT は、夜型が朝型より有意に低くなった ($p < 0.01$)。このことから、朝食を欠食し夜食を摂取した夜型化は、DIT の低下により 1 日のエネルギー消費量を減少させ、肥満の一要因になる可能性が示唆された。

キーワード: DIT, エネルギー消費量, 食事時刻, 夜食, RQ

肥満は生活習慣病の基礎病態として位置づけられる。肥満は、エネルギー出納の不均衡が成因となり¹⁾、エネルギー恒常性を保つ鍵は、摂食調節 (エネルギー摂取量) とエネルギー消費量のバランスにあると考えられている²⁾。

エネルギー消費量の形態には、基礎代謝量 (安静時代謝)、活動代謝、環境適応性熱産生がある。代表的な環境適応性熱産生には、寒冷暴露と食後の消化、吸収に要する熱産生があり、後者は従来、特異動的作用 (Specific Dynamic Action: 以下 SDA) といわれてきた。ところが、食事開始直後に自律神経系を介してエネルギー消費量が増大することが明らかとなり、これらを含めて SDA は食事誘発性熱産生 (Diet Induced Thermogenesis: 以下 DIT) と呼ばれるようになった³⁾。DIT はエネルギー摂取量の 10% 程度に相当すると報告されている⁴⁾。

一方、肥満と夜型生活の関係として、肥満者に夜食摂取の習慣がみられること⁵⁾⁶⁾ や夜勤者のメタボリックシンドローム発症リスクが高いこと⁷⁾ が報告されている。夜型生活の明確な定義はないが、夜型生活は活動が夜にシフトした生活習慣であり、夜更かし、睡眠時間の減少、朝食欠食、夕食遅延、夜食摂取の特徴が挙げられる。近年、DIT は肥満者で小さく、やせで大きいことが明らかにされ⁸⁾、食後に起こるエネルギー調節機構への関与が

考えられている。食事時刻における DIT に関しては、DIT が午後や夜間の食後よりも午前の食後で高いことが報告されている⁹⁾¹⁰⁾。つまり、近年増大してきた夜型生活が DIT の低下に関与して、肥満の成因の一つになっていることが推測されている。しかしながら、これらの研究は時間ごとにそれぞれの DIT を測定したものであり、1 日を通して異なった食事時刻を設定して DIT を測定した研究はない。つまり従来の研究は 1 食の食事時刻の変化が及ぼす DIT への影響をみたものに限定されていた。そこで本研究は、1 日に同一の 3 食を通常の食事タイミングに摂取させる朝型生活と食事タイミングを遅くにシフトさせた夜型生活を設定し、夜型生活をした場合の DIT および呼吸商 (Respiratory Quotient: 以下 RQ) に及ぼす影響を検討することを目的とした。

実験方法

1. 被験者

被験者は、2006 年 4 月から 2008 年 7 月にかけて、自由意思で参加した、喫煙習慣がなく夜間勤務をしていない健康な女子大学生 33 名 (平均年齢 20.5 ± 1.2 歳) とした (表 1)。33 名中 5 名はときどき夜食を摂取していたが、その 5 名を除外して算出しても全体の結果に影響しなかったため、33 名を本被験者とした。あらかじめ、す

* 連絡者・別刷請求先 (E-mail: nakamura-t@kuhs.ac.jp)

¹ 神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科保健福祉学専攻栄養領域 (238-8522 神奈川県横須賀市平成町 1-10-1)

² 神奈川県立保健福祉大学保健福祉学部栄養学科 (238-8522 神奈川県横須賀市平成町 1-10-1)

表1 被験者の身体特性 $n=33$.

年齢(歳)	20.5±1.2
身長(cm)	159.5±5.1
体重(kg)	52.4±6.7
BMI(kg/m ²)	20.5±2.1
体脂肪率(%)	24.3±4.9
基礎代謝量(kcal/日)*	1086.4±137.9

数値：平均値±標準偏差。*基礎代謝量：10時間以上の絶食，30分座位安静後のエネルギー消費量。

すべての被験者に研究の目的と手順を説明して，途中で辞退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，本研究は神奈川県立保健福祉大学研究倫理委員会の承認（承認番号 19-003）を得て行われた。

2. 実験プロトコル

2.1 生活型の設定およびタイムスケジュール 2006年4月-2008年7月の期間に，被験者1人につき二つの生活型の実験を行った。一つは，7:00，13:00，19:00の3回に試験食を摂取する生活パターンであり，これを「朝型」とした。もう一つは，13:00，19:00，1:00の3回に試験食を摂取する生活パターンであり，これを「夜型」とした。起床後に最初に摂取する食事から順に，1食目，2食目，3食目とした。

生活型のタイムスケジュールについて，朝型の実験では，実験前日の21:00以降に水分以外絶食して，24:00以前に就寝することとした。被験者は実験当日の1食目の1時間前である6:00までに実験室に入室して，身長，体重，体脂肪率を測定した。体重および体脂肪率の測定にはInBody 3.2 (Biospace社製)を使用した。身体計測後は，朝食前の安静時エネルギー消費量を測定するために，座位で30分間の安静を保持した。夜型の実験では，深夜3時以降に水分以外絶食して，午前中の激しい活動を避けることとして，就寝時刻および起床時刻は制限しなかった。朝型の実験と同様に，被験者は1食目の1時間前である12:00までに実験室に入室した。体重，体脂肪率は朝型と同様の方法で測定した。

両生活型ともに，試験食摂取15分前に安静時エネルギー消費量を測定した。試験食は30分以内に食べ終えた。摂食開始から3時間は30分ごとにエネルギー消費量の測定を行った。朝型および夜型の1食目および2食目については，食後4時間と食後5時間に追加測定した。なお，測定以外の時間は，活動によるエネルギー消費量の上昇を抑えるために，本を読むなどして安静を保った。測定した部屋の室温は20-29℃の範囲を維持し，照明は常時点灯して明るさを維持した。

2.2 試験食 試験食は，コンビニエンスストアで購入した梅おにぎり1個，鮭おにぎり1個，ゆで卵1個，バナナ1本から成る1食あたり500kcalの食事とした。試験食のエネルギー比率は，たんぱく質12.6%，脂質10.5%，糖質76.9%であった。両生活型とも毎食，被験者は同じ食事内容の試験食を摂取した。

3. 測定および評価項目

3.1 エネルギー消費量およびRQの測定 エネルギー消費量は，Deltatrac™ II MBM-200 Metabolic Monitor (Datex-Engstrom Division, Instrumentarium Corp. FINLAND)を用いて測定した。本測定機器はキャノピー法による間接熱量計であり，キャノピーを蛇管でデルタトラックとつないで設置して，被験者がキャノピーを被り，デルタトラックで呼気ガスを分析するものである。デルタトラックにより，酸素消費量，炭酸ガス生成量，RQ，エネルギー消費量の1分間ごとの値を得た。被験者は測定中覚醒状態であり，安定状態が保たれた10分間の測定値の平均値を，測定開始時刻のエネルギー消費量[kcal/日]およびRQとした。安定状態でない測定開始から5分間の測定値とCO₂濃度が0.1%以下に低下した際の測定値，さらにRQが0.7以下か1.1以上の際の測定値は除外して，除外値が発生した場合は，その分の測定を延長した。除外値の発生は全体の値に影響するような頻度ではなかった。

3.2 食事誘発性熱産生(DIT)の評価指標 本研究における「DIT」は，食事の影響のみを評価するために，各食前の安静時エネルギー消費量からの食後のエネルギー消費量の上昇量として示した。すなわち，「DIT」=測定時のエネルギー消費量-各食前の安静時エネルギー消費量で算出して，さらに，被験者の体格による影響をなくすために，体重当たりのDITを求めて，1分間当たりに変換した値として示した。「3時間DIT」は，食事開始から3時間のDITの曲線下面積(Area Under Curve: AUC)¹¹⁾を，台形の面積を求める公式を用いて算出した。具体的には，30分ごとに(測定時のDIT[kcal/kg/min]+次の測定時のDIT[kcal/kg/min])×30分/2を3時間分求めて合計した。負になったDITは，面積を差し引いた。「3食合計DIT」は，3食分の「3時間DIT」を合計して求めた。

4. 統計処理

データはすべて平均値±標準偏差で表した。統計処理にはSPSS (SPSS 15.0J for Windows)を用いた。朝型と夜型の2群の比較には対応のあるサンプルのt検定を用いた。生活型ごとの3食間の比較では，対応のある1元配置分散分析をして，Tukeyの検定を用いて多重比較した。経時的変化について，同時刻および食数における生活型の違いを比較するために，対応のある2元配置分散分析を行い，Tukeyの検定を用いて食後時間ごとに多重比較を行った。有意水準5%未満を有意差ありとした。

実験結果

1. エネルギー消費量

1.1 エネルギー消費量 生活型の違いにおけるエネルギー消費量の経時的変化を示した(図1)。食事摂取後には，エネルギー消費量の上昇が観察された。各食前の安静時エネルギー消費量は，早朝と深夜に低く日中と夕

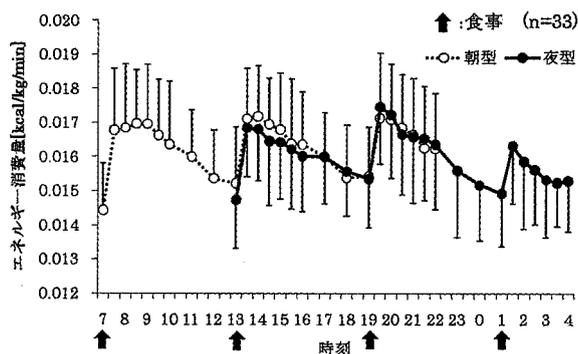


図1 生活型の違いにおけるエネルギー消費量の経時的変化
 数値：平均値±標準偏差 (n=33)

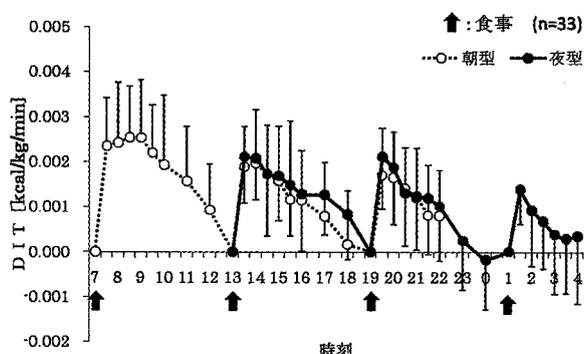


図2 生活型の違いにおけるDITの経時的変化
 数値：平均値±標準偏差 (n=33) DIT=(測定時のエネルギー消費量)-(各食前の安静時エネルギー消費量)

方に高まる動きが観察されたが、食事間に有意差は認められなかった。

1.2 食事誘発性熱産生 (DIT) の経時的変化 食事の影響を評価するために、各食前の安静時エネルギー消費量を基点としてDIT [kcal/kg/min] の経時的変化を示した(図2)。朝型7:00ではDITが食後30分から2時間にかけて0.0025 kcal/kg/min 辺りまで上昇し、その後低下して、食後5時間には0.001 kcal/kg/minとなり、最も高い山を描く推移が観察された。13:00, 19:00には朝型夜型とも似た動きが観察され、食後30分から1時間の0.002 kcal/kg/min をピークにその後下降した。夜型1:00の食事後では、食後30分後の0.001 kcal/kg/min のピークからすぐに下降を始めて、食後2時間から3時間までは0 kcal/kg/min 付近で推移し、最も低い山を描く推移が観察された。

1.3 3時間DIT DIT(図2)の曲線下面積から生活型の違いにおける3時間DIT [kcal/kg/3h] を食事ごとに示した(図3)。朝型の3食間の3時間DITを比較すると、7:00の食事では0.389±0.169 kcal/kg/3h, 13:00の食事では0.272±0.160 kcal/kg/3h, 19:00の食事では0.217±0.123 kcal/kg/3hであり、7:00の食事が有意に高値であった(p<0.05)。夜型の3食間の3時間DITを

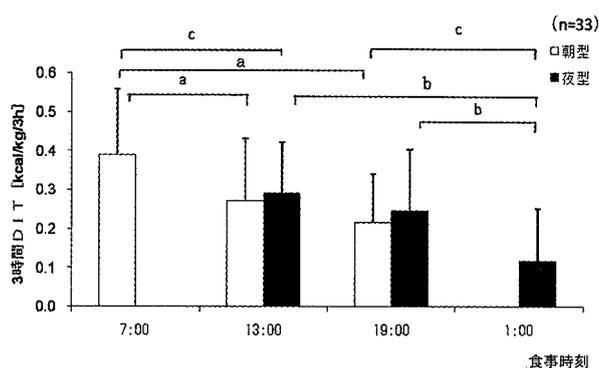


図3 生活型の違いにおける3時間DIT
 数値：平均値±標準偏差 (n=33) 3時間DITは食事開始から3時間のDITの面積を、台形の面積を求める公式を用いて算出した。a: p<0.05 朝型における3食間の多重比較(Tukeyの検定), b: p<0.01 夜型における3食間の多重比較(Tukeyの検定), c: p<0.05 食数による生活型の比較(対応のあるt検定)

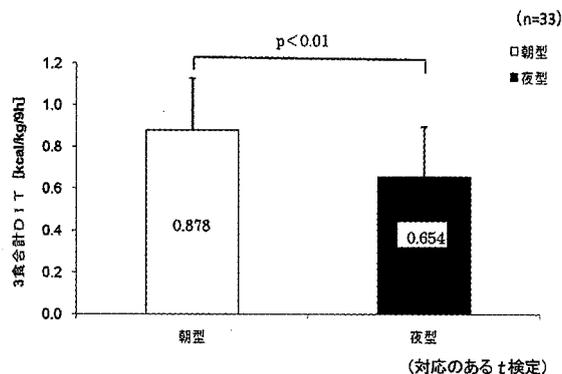


図4 生活型の違いにおける3食合計DIT
 数値：平均値±標準偏差 (n=33) 3食合計DITは3食分の3時間DITを合計して算出した。3食合計DITは夜型が朝型よりも有意に低くなり(対応のあるt検定), その差は0.224±0.007 kcal/kg/9hであった。

比較すると、13:00の食事では0.291±0.132 kcal/kg/3h, 19:00の食事では0.247±0.157 kcal/kg/3h, 1:00の食事では0.116±0.137 kcal/kg/3hであり、1:00の食事が有意に低値であった(p<0.01)。

朝型と夜型について、起床後の食事回数の視点から3時間DITを検討した。3時間DITは1食目において、朝型7:00の食事は夜型13:00の食事よりも有意に高くなり(p<0.05), 2食目において、朝型13:00の食事と夜型19:00の食事には有意な差はなかったが、3食目において朝型19:00の食事は夜型1:00の食事よりも有意に高かった(p<0.05)。すなわち、朝型の1食目および3食目の3時間DITは、夜型のそれらよりも有意に高かった。

1.4 3食合計DIT 1日の総DITとなる3食合計DIT [kcal/kg/9h] を生活型ごとに示した(図4)。3食合計DITは、朝型が0.878±0.248 kcal/kg/9h, 夜型が

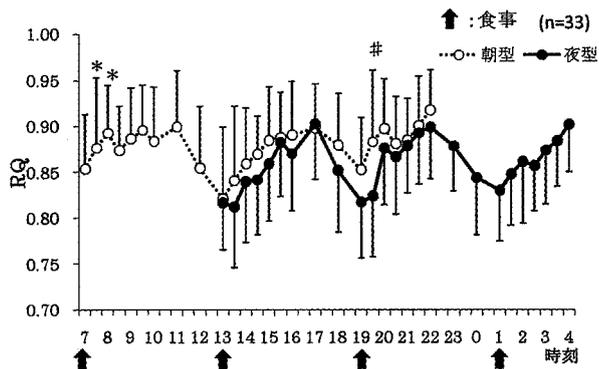


図5 生活型の違いにおけるRQの経時的変化
 値：平均値±標準偏差 (n=33) *： $p < 0.01$ 食数による生活型の多重比較 (Tukeyの検定) #： $p < 0.05$ 同時刻における生活型の多重比較 (Tukeyの検定)

0.654 ± 0.241 kcal/kg/9h となり、朝型が夜型よりも有意に高くなり ($p < 0.01$)、その差は 0.224 ± 0.007 kcal/kg/9h であった。

2. 呼吸商 (RQ)

生活型の違いにおけるRQの経時的変化を示した (図5)。RQは両生活型でどの食事後においても上昇する動きがみられた。朝型では、RQは0.85から0.9の間で食後1時間をピークに曲線的に推移したが、夜型では、0.8から0.9の間で食後3時間をピークに直線的に推移した。

朝型と夜型について食事時刻の視点、すなわち同時刻のRQを比較すると、19:00の食事朝型と夜型の食事後3時間までの推移に有意差が認められて、19:30のRQが朝型で夜型よりも有意に高くなった ($p < 0.05$)。朝型と夜型について食数の視点からRQを比較すると、RQは1食目に当たる朝型の7:00の食事と夜型の13:00の食事食後5時間までの推移に有意差が認められて、朝型7:30、8:00が、それぞれ夜型13:30、14:00よりも有意に高くなった ($p < 0.01$)。

考 察

本研究は、夜間勤務をしていない健常な女子大学生を被験者として、7:00、13:00、19:00に食事を摂取する朝型生活と13:00、19:00、1:00に食事を摂取する夜型生活を設定して、同一の食事を摂取した場合に生活型が食事摂取後のDITおよびRQに及ぼす影響を検討した。特に1日を通した食事時刻の変化が1日のDITに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

1. エネルギー消費量

生活型の違いにおけるエネルギー消費量の経時的変化から、食事によりエネルギー消費量が上昇する動きが確認できた (図1)。この動きはDITの経時的変化に反映された。

DITの経時的変化 (図2) および3時間DIT (図3) の結果から、DITは他の食事に比べて朝型の7:00の食事

で高く、夜型の1:00の食事低くなり、早い時刻の食事はDITを上昇させやすく、遅い時刻の食事はDITを低下させやすいことが明らかになった。食事の摂取時刻によるDITへの影響に関して、1回限りの食事評価した研究によると、Romon *et al.*⁹⁾ は健常な夜勤者9名において間食後のDITが9:00で最も高く、17:00、1:00の順に高かったと報告している。また、竹久・遠藤¹⁰⁾ は、日本人の女子大学生3名において500 kcalの液体食摂取後のDITが7:00で最も高く、15:00、23:00の順に高かったことを確認している。このように、食事時刻の違いを評価した研究において、食事時刻が遅くなるほどDITが低くなることが報告されており、これは今回の結果と一致した。

朝型と夜型について、起床してから何食目の食事であるかの視点から検討したところ、朝型の1食目および3食目の3時間DITは夜型のそれよりも有意に高かった。1食目については、朝型7:00の食事は夜型の13:00の食事よりも有意に高くなり、同じ1食目であっても1日の始まりの食事を朝の早い時刻に摂取した場合、昼過ぎに摂取するよりも3時間DITが高いことが明らかにされた。このことは、朝食欠食の問題点を示唆している。永井ら¹²⁾ は、朝食 (9:00) と昼食 (12:00) にそれぞれ高糖質食を摂取したときのDITが、朝食を欠食して昼食で2食分の高糖質食をまとめて食べたときのDITと比べて約2倍高くなることを明らかにしている。早朝に食事を摂らない夜型生活では、朝に摂取することで増加する分のDITが生じないというエネルギー消費上の不利益が発生すると推察された。3食目については、朝型19:00は夜型1:00よりも有意に高くなり、同じ1日を締めくくる食事であっても、深夜1:00という遅い時刻に摂取すると、19:00に摂取するよりも3時間DITが低いことが明らかにされた。食事を遅い時刻に摂るとDITの上昇量が小さいことから、摂食によるエネルギー消費量が少なくなり、エネルギーを過剰に蓄積すると推察された。

3時間DITの結果は、3食合計DITの結果に反映され、3食合計DITは朝型が夜型よりも有意に高かった (図4)。今回の研究結果より、500 kcalの食事を一律に摂取した被験者に対して、朝型生活のほうが夜型生活よりも3食合計DITが高いことが認められて、同じ食事内容および生活であっても、時間帯をずらすだけで消費されるエネルギー量が異なることが明らかになった。

本研究は1日の実験であり、体重の増減までは評価できなかったが、朝型と夜型の3食合計DITの差は、夜型の生活を続けることによってエネルギー消費量の低下が積み重なり、体重の増加につながる可能性が考えられた。逆に、朝型の生活を続けることがエネルギー消費量の増加をもたらす要因となると考えられた。Halberg & Stephens¹³⁾ は、1日に2,000 kcalを1週間朝食だけでとった被験者 (7人) は全員が体重を減らしたが、同じ

食物を夕食だけでとった場合（7人）は、増加するものの方が多くて、朝食グループのほうが夕食グループよりも1週間後の体重減少が2.5ポンド（約1.1kg）多かったと報告している。生活型の違いによって生じる差を、本研究のDIT上昇量の朝型と夜型の差0.224 kcal/kg/9hから今回の平均体重52.4kgの場合を算出すると、1日当たり約12 kcal、1カ月で約360 kcal、1年で約4,300 kcalとなり、体脂肪に換算すると1年で約0.6kgとなる。これが10年間続いたと仮定すると体脂肪が約6kgとなり、1日当たりのDITの差が小さくても積み重なることで生活習慣病を招く肥満の一因になると考えられた。

DITはエネルギー摂取量の10%を占めるといわれていることから⁴⁾、過食した場合にはDITの生活型による違いがさらに大きくなることが推測された。肥満は、過食や運動不足等のさまざまな因子が重なって生じることから¹⁴⁾¹⁵⁾、過食と夜型生活によるDITの低下が相乗効果となって肥満につながると考えられた。

本研究では、1日の食事時刻を夜遅くに変化させると食事誘発性熱産生が低くなる現象を明らかにした。しかし、本来は夜型生活を習慣化して検討するべきであるが、強制的に夜型生活を続けさせるには限界があるため、1日限りのDITの変化をみるにとどまった。このことは本研究の限界であり、夜型生活の習慣化の問題は、今後の課題として残っている。さらに、夜型でDITが低くなる機序を明らかにすることはできなかった。しかし、先行研究によると、DITの上昇には交感神経活動の活性化が関与し¹⁶⁾¹⁷⁾、交感神経活動と副交感神経活動からなる自律神経活動には日内リズムがみられることが報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾。夜型でのDITの低下は、夜間の交感神経活動活性の低下および副交感神経活動の活性の上昇が関わりと予想された。

2. 呼吸商 (RQ)

RQは食前に低くなり、食後上昇する変化のパターンがみられた（図5）。糖質あるいは脂質が体内で燃焼する場合の理論上の値として、前者が1.0、後者が0.707であることが知られており²⁰⁾、RQの値から糖質と脂質の燃焼比率を解釈する手段としての有用性が示唆されている。試験食の糖質が76.9%を占めていたことから食事から摂取した糖質がエネルギー基質になったと考えられた。

食後の変化を生活型で比較すると、朝型7:00の食事夜型13:00の食事よりも食事開始後30分および1時間のRQが有意に高くなった。また、19:00の食事開始後30分で朝型が夜型よりも有意に高くなった。このことから、朝型は夜型よりも食直後にRQが高くなっていることから、糖の利用効率がよいことが推察された。すなわち、午前中の活動エネルギーとして、朝食で摂取された糖質が利用されていることが考えられた。逆に夜型での食事のエネルギーは消費されにくく、摂取したエネル

ギーが体内に貯蓄されやすいことが考えられた。

しかしながら、通常朝型生活の被験者が1日限りの夜型生活を送ったため、第1食目までの絶食時間が夜型で朝型よりも長くなっていったと考えられ、夜型のRQが食直後に朝型よりも低かったことに影響した可能性もあった。

結 論

通常朝型生活を中心としている健常な女子大学生を被験者として、7:00、13:00、19:00に食事を摂取する朝型生活と13:00、19:00、1:00に食事を摂取する夜型生活を設定し、同一の食事を摂取した場合に生活型が食事摂取後のDITおよびRQに及ぼす影響を検討した。

朝早い食事のDITが高く、逆に夜遅い食事のDITが低くなることが認められ、1日3食の食事を夜遅い時間へシフトさせると、同じエネルギー量を摂取しても食事によって誘発されるエネルギー消費量は低くなった。以上のことから、朝食を欠食し夜食を摂取した夜型化はDITの低下により1日のエネルギー消費量を減少させることが明らかになり、朝食欠食や夜食の改善が肥満予防に重要である可能性が示唆された。

文 献

- 1) Spiegelman BM, Flier JS (2001) Obesity and the regulation of energy balance. *Cell* **104** : 531-43.
- 2) 中村丁次, 倉貫早智 (2008) 肥満症の食事療法. 産婦人科治療 **97**, 384-9.
- 3) Tappy L (1996) Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans. *Reprod Nutr Dev* **36** : 391-7.
- 4) Westerterp KR (2004) Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab (Lond)* **1** : 5.
- 5) 中村丁次 (2001) 食行動パターンの転換を目的とした食事療法のあり方. 日本臨床 **59**, 603-7.
- 6) Stunkard AJ, Grace WJ, Wolff HG (1955) The night-eating syndrome: a pattern of food intake among certain obese patients. *Am J Med* **19** : 78-86.
- 7) Sookoian S, Gemma C, Fernandez Gianotti T, Burgueño A, Alvarez A, González CD, Pirola CJ (2007) Effects of rotating shift work on biomarkers of metabolic syndrome and inflammation. *J Intern Med* **261** : 285-92.
- 8) De Jonge L, Bray GA (1997) The thermic effect of food and obesity : a critical review. *Obese Res* **5** (6) : 622-31.
- 9) Roman M, Edme JL, Boulenguez C, Lescroart JL, Frimat P (1993) Circadian variation of diet-induced thermogenesis. *Am J Clin Nutr* **57** : 476-80.
- 10) 竹久文之, 遠藤 一 (1998) 食事誘発性熱産生は摂食の時間帯に影響される. 生活科学研究所研究報告 **30**, 35-8.
- 11) Nagai N, Sakane N, Hamada T, Kimura T, Moritani T (2005) The effect of a high-carbohydrate meal on postprandial thermogenesis and sympathetic nervous system activity in boys with a recent onset of obesity.

- Metabolism* **54** : 430-8.
- 12) 永井成美, 坂根直樹, 森谷敏夫 (2005) 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, および自律神経へ及ぼす影響. *糖尿病* **48**, 761-70.
 - 13) Halberg F, Stephens AN (1959) Susceptibility to ouabain and physiologic circadian periodicity. *Proc Minn Acad Sci USA* **21** : 139-43.
 - 14) 井上修二, 大野 誠, 宗像伸子 (2004) 肥満症テキスト: 正しい知識とダイエットクリニック, p. 23-31. 南江堂, 東京.
 - 15) 日本肥満学会編集委員会編 (2001) 肥満・肥満症の指導マニュアル, 第2版, p. 29-45. 医歯薬出版, 東京.
 - 16) Acheson KJ, Ravussin E, Wahren J, Jéquier E (1984) Thermic effect of glucose in man: obligatory and facultative thermogenesis. *J Clin Invest* **74** : 1572-80.
 - 17) van Baak MA (2008) Meal-induced activation of sympathetic nervous system and its cardiovascular and thermogenic effects in man. *Physiol Behav* **94** : 178-86.
 - 18) 川崎晃一編 (1999) 生体リズムと健康, p. 85-114. 学会出版センター, 東京.
 - 19) 林 博史編 (1999) 心拍変動の臨床応用—生理的意義, 病態評価, 予後予測, p. 1-36. 医学書院, 東京.
 - 20) 名引順子, 井上朋美, 佐城裕子 (2003) 肥満および低・高脂肪 (エネルギー) 食など食事条件と運動習慣下におけるエネルギー代謝変動. *日本臨床栄養学会雑誌* **24**, 274-8.

J Jpn Soc Nutr Food Sci **63**: 101-106 (2010)

Original Paper

The Influence of Eating Rhythm on Diet-induced Thermogenesis in Young Women

Yuka Sekino,¹ Eriko Kashiwa,² and Teiji Nakamura^{*,1,2}

(Received July 5, 2009; Accepted January 18, 2010)

Summary: A nocturnal lifestyle is now common due to changes in the social environment. The aim of this study was to clarify the influence of eating rhythm on diet-induced thermogenesis (DIT). For 33 healthy female volunteers (aged 20.5 ± 1.2 y) who were non-smokers, we established two meal patterns, one (morning) in which the participants ate meals at 07:00, 13:00, and 19:00, and another (night) in which they ate at 13:00, 19:00, and 01:00. The energy of each meal was 500 kcal. DIT was evaluated by measuring the energy consumption after each meal using a cross-over design. DIT at 07:00 was the highest among the three meals for the morning pattern ($p < 0.05$), and DIT at 01:00 was the lowest among the night pattern meals by a significant margin ($p < 0.01$). The total accumulation of DIT was also significantly lower for the night pattern than for the morning pattern ($p < 0.01$). These results indicate that the habit of eating at night without taking breakfast may be one of the reasons for obesity, because the decrease in energy consumption during the day depends on falling DIT.

Key words: DIT, energy expenditure, eating rhythm, midnight eating, RQ

* Corresponding author (E-mail : nakamura-t@kuhs.ac.jp)

¹ Kanagawa University of Human Services Graduate Program in Human Services, Nutrition and Dietetics, 1-10-1 Heiseicho, Yokosuka, Kanagawa 238-8522, Japan

² Kanagawa University of Human Services, Faculty of Health and Social Work School of Nutrition and Dietetics, 1-10-1 Heiseicho, Yokosuka, Kanagawa 238-8522, Japan