

朝食欠食が1日のエネルギー消費量に与える影響

佐々木繁盛

藤井久雄

キーワード: 肥満 朝食欠食 エネルギー消費量 食事誘発性体熱産生

The effect of skipping breakfast on energy expenditure in a day.

Shigemori Sasaki

Hisao Fujii

Abstract

The prevalence of obesity is gradually increasing in Japan. According to the date of the National Nutrition Survey in Japan, approximately 20.5%~32.9% in 20-29 years old skipped breakfast, respectively. It has been pointed out that skipping breakfast may leads to obesity and lifestyle related diseases. The energy expenditure may be affected by skipping breakfast during 24 hours.

The purpose of this study was to examine the effect of skipping breakfast on energy expenditure in a day. This study was measurement energy expenditure that used human calorimeter in comparison with two patterns(normal intake group and skipping breakfast group).

As a result, energy expenditure of skipping breakfast group was significant lower than that of normal intake group at 7:00~7:30 and 10:30~12:00 before Lunch. There is a report that energy expenditure increase at overeating(so-called DIT:Diet Induced Thermogenesis). This study, skipping breakfast group ate 1.5 times energy intake (lunch and dinner), however, energy expenditure of skipping breakfast did not indicate a significant difference after lunch and dinner. Furthermore the amount of energy expenditure of skipping breakfast group in a day was significant lower than that of normal intake in a day. These results indicate that skipping breakfast may cause obesity.

Keyword: obesity, skipping breakfast, energy expenditure, DIT

I. はじめに

1. 肥満とは

「健康日本 21」では、平成 22 年までに 20 歳から 60 歳代男性の肥満者を 15%以下に、また 40 歳から 60 歳代女性の肥満者を 20%以下にする目標を掲げているが、平成 16 年国民・健康栄養調査の結果からの「健康日本 21」中間評価報告では男女ともこの目標には届いていない¹⁾。BMI25(kg/m²)以上の肥満に該当する者の割合は男性では 20 歳代から 30 歳代にかけて 14.8%から 32.7%に増加し、それ以降 60 歳代までは横ばいに推移している。一方女性では肥満者の割合が 20 歳代までは 8.1%と低いが、30 歳代で 12.6%、40 歳代で 19.8%、50 歳代で 23.8%、60 歳代で 30.3%と年齢とともに高くなることが示されている¹⁾。

2. 肥満に伴う病態

肥満は糖尿病、高脂血症など生活習慣病のリスクファクターである。糖尿病は血中のグルコース(血糖)値が高い状態で持続する疾患をいい、「インスリンの作用不足により起こる慢性の高血糖を主徴とする、特徴のある代謝異常をきたす症候群」と定義されている²⁾。

肥満と関係する健康障害として他に次のようなものがある。(1)機械的仕事の増大と左心室機能不良に起因する心機能障害、(2)高血圧、(3)糖尿病(成人発生の糖尿病の約 80%は過体重による)、(4)腎臓病、(5)膀胱疾患、(6)胸壁を動かす為の過度の努力に起因する肺の病気と機能低下、(7)手術中の麻酔管理に関する問題点、(8)骨格節炎、退行性間接病および痛風、(9)癌のいくつかのタイプ(すなわち、非常に太った月経閉止後の女性は子宮内膜の癌が発生する危険性は通常の 5 倍である)、(10)月

経不順、および(11)非常に大きな心理的不安などである³⁾。

3. 肥満と食生活との関連

生活習慣のなかで食事の規則性に焦点をあてた調査が平成 9 年国民栄養調査で行われている。夕食の時刻を昭和 60 年の国民栄養調査と比較すると、「19、20 時台」が 32.9%から 47.8%、「21 時以降」が 4.4%から 11.2%へと、この 12 年間で変化しており、夕食時刻が遅くなっている⁴⁾。特に「21 時以降」の夕食が 20 歳代男性で 26.8%、30 歳代男性で 27.2%と他の世代よりも多く、食事の時刻が不規則な者が 20 歳代男性で 3 人に 2 人、30 歳代男性で 2 人に 1 人見られる。同様に朝食欠食を年次推移でみると男女ともに高くなる傾向があり、男性は 30 歳代で最も高く約 3 割、女性は 20 歳代で最も高く 2.5 割である⁴⁾。男性ではこの世代に肥満者が増加することから、夕食の時刻が遅くなることや朝食欠食など不規則な食生活が肥満の発症と関連しているのではないかと考えられる。健康的なライフスタイルに肥満の予防は欠かせない。遅い夕食や朝食欠食が肥満に繋がっているかを明らかにし、その間に関連性が認められれば肥満改善に有効な食生活の確立の為に大きな前進となる。

4. 不規則な摂取タイミングの研究報告

森谷らは朝食欠食と肥満との関係を調べる目的でエネルギー消費量に着目した実験を行っている⁵⁾。実験方法として、8 名の被験者にミナト医科学株式会社製の呼気ガス分析装置(エアロモニター AE280)を用い、エネルギー代謝測定を行い、得られた酸素摂取量および炭酸ガス排出量(1 分間の平均値)より Lusk の表を用いてエネルギー消費量と呼吸商を求めた。試験食は糖質エネルギー比(PFC 比)

を日本人に適正とされる 15 : 25 : 60 に調整した米飯を主食とする高糖質食(HC食)、および PFC 比 15 : 60 : 25 に調整したパンを主食とする高脂肪食(HF食)の2種を、1食が体重1kgあたり11kcalのエネルギー量になるように個別に用意した。次の4試行、すなわち①CC:炭水化物食(9時)+高炭水化物食(12時)、②SC:朝食欠食(9時)+①の2倍量の高炭水化物食(12時)、③FF:高脂肪食(9時)+高脂肪食(12時)、④SF:朝食欠食(9時)+高脂肪食(12時)を①→②→③→④、または③→④→①→②の順序で各被験者に負荷した。被験者がどちらの順序になるかはランダムに割り振り、被験者には実験当日まで試験食の内容は知らせなかった。これら4試行で9時から6時間、30分間隔で心電図と呼気ガスを8分間ずつサンプリングした。

結果は、昼食摂取前のエネルギー消費量(kcal/day)の推移は、①CC試行が有意に高値を示した。また昼食摂取後のエネルギー消費量(kcal/day)の推移は朝食で高炭水化物食を摂取したCC試行の方が、昼食で高糖質食2食を摂取したSC試行よりも昼食後60分まで有意に高値を示した。昼食後90分から実験終了までは4試行間で差は見られなかった。

また仲村らは就寝直前の食事が睡眠時のエネルギー消費量に与える影響について研究している⁶⁾。遅い時刻の夕食では、食後のエネルギー消費量の上昇が少なく抑えられ、長時間継続される可能性が示唆された。遅い時刻の夕食では、通常の夕食に比べ睡眠中のエネルギー消費量が多い状態が継続しているが、食前に比べてエネルギー消費量が少なく、食事の摂取によるエネルギー消費量の上昇も少なく抑えられている可能性もあり、就寝前に摂取した

エネルギーが過剰となり脂肪蓄積にまわる可能性が考えられる。

II. 目的

肥満は糖尿病や脂質異常症、動脈硬化症、高血圧症など生活習慣病のリスクファクターである⁷⁾。肥満は脂肪が過剰蓄積した状態で、エネルギーの摂取量がエネルギー消費量を上回ることによって引き起こされる。現代人の傾向としてエネルギー摂取量の平均値の年次推移は、男女ともに減少傾向であるが、肥満者の比率は急増し、国民の平均的な肥満度も増加している現状である⁸⁾。このことは、エネルギー消費量の減少が摂取量の減少を上回る勢いで進んでいることをうかがわせる。エネルギー消費量の減少の主な原因として運動不足が上げられる。その為エネルギー消費量を高める運動を通じて活動代謝を高めることが肥満改善の為に有効とされているが、現代人のライフスタイルを考えると運動でエネルギー消費量を上げることは容易ではない。そもそもエネルギー出納は満腹中枢を介した摂食行動と、交感神経を介した熱放散が連動して自動的に調整され平衡が保たれており、現代の肥満傾向は自動調節機構のバランスが崩れエネルギー消費量が抑制されていることに問題があると考えられる。

DIT(食事誘発性体熱産生)は食事の摂取に伴い亢進するエネルギー消費量を意味し、総エネルギー消費量の10~20%を占めている⁹⁾。食事誘発性熱産生は食事組成や季節により変動することが知られているが¹⁰⁾、さらに近年増加傾向にある朝食欠食や遅い夕食などの不規則な食事摂取パターンが食後のエネルギー消費量にどのような影響を与えるのか研究がなされている。森谷らは朝食を欠食した場

合、昼食後のエネルギー消費量が抑えられ、エネルギーを熱の放散ではなく身体内の生命維持の生合成で用いる方向に代謝が調整されると報告している⁵⁾。このことは朝食欠食が一過的なものではなく長時間にわたって代謝反応に影響を及ぼしエネルギー消費量を低く抑え込むことを示唆している。

他方、朝食の欠食は満腹中枢を介して摂食行動に影響を与え、空腹感からその次の昼食後、夕食後のまとめ食いにつながり、それが習慣化することが考えられる。仲村らはヒューマンカロリメーターを用いた実験で、就寝直前の食事は睡眠中のエネルギー消費量を低く抑え込み睡眠中に体脂肪蓄積が蓄積している可能性があることを報告している。前日の夕食の過食が睡眠時、朝食後、昼食後のエネルギー消費量に影響を与えること考えられる。しかし森谷らの実験は実験前日の食事量を規定しておらず自由摂取となっているため、前日の夕食の影響が不明となっている。また朝食欠食した場合の昼食後3時間のエネルギー消費量を測定しているが、その後の夕食後、睡眠時の影響は測定していない。朝食欠食と肥満との関わりを明らかにする為には、朝食欠食、昼食、夕食のまとめ食いの習慣化、これらを加味した実験手順を作りエネルギー消費量の比較をする必要があると考えられる。

そこで本実験では、実験①で前日の夕食の過食が睡眠時、朝食欠食後のエネルギー消費量に与える影響を、実験②で朝食欠食した場合の昼食後、夕食後、睡眠時すなわち24時間のエネルギー消費量への影響を明らかにし、お互いに関連し合う朝食欠食、過食などの不規則な食生活の習慣化が肥満とどのように関わっているかを検討することを目的とした。

Ⅲ. 実験方法

1. 実験①

1) 被験者

本実験の被験者は、仙台大学に所属する年齢、体格の近い健常男性7名とした。被験者の身体組成を表1に示す。被験者は継続してエネルギー消費量の測定が可能なヒューマンカロリメーターに入室し、その各々に対して朝食を欠食し昼食と夕食に2食のまとめ食いをする場合(実験群)と、3食摂取する場合(対照群)の2回の実験をランダムに実施した。

表1 被験者の身体的特性

	朝食摂食群	朝食欠食群
n = 7		
年齢(歳)	20.8±0.768	
身長(cm)	171.2±7.5	
体重(kg)	63.4±6.25	62.3±6.21
体脂肪率(%)	15.0±2.13	13.4±2.65
BMI	22.3±0.74	20.3±0.68
	平均±標準偏差	

2) 環境および食事量の設定

測定は2008年9月から1月にかけて行った。エネルギー消費量の測定にはヒューマンカロリメーター室を用い、チャンバー内の温度は25℃、湿度は50%に設定した。

まず事前に自転車エルゴメーター(AEROBIKE 75XL, COMBI WELLNESS 社)の体力テストプログラムを行い $\dot{V}O_{2max}$ を推定した。なお、被験者には試験の3日前から出来るだけ運動を行わないように指示し試験に影響を及ぼさないように考慮した。入室前の被験者管理として入室前3日間の食事記録を提出し、実験当日の朝と昼に規定食を摂取している。

試験中の食事摂取量は推定エネルギー必要量の

算出式を使用した。まず基礎代謝量を基礎代謝基準値 (kcal/kg/体重/日) × 基準体重 (kg) = 24 × 63.5 = 1520kcal と設定し、身体活動レベル (Physical activity level: PAL) はふつう (1.75) として1日の推定エネルギー消費量を算出した (1520 × 1.75 = 2660kcal)。この推定エネルギー消費量から試験中の食事摂取量を決定した。表に規定食の内容を示す。身体活動レベル 1.75 では、長時間持続可能な運動・労働などの中強度の活動が2時間程度含まれている為、試験中 HRmax45% で自転車エルゴメーターを漕ぐ運動1時間を午前、午後実施した。朝食を欠食する実験群では夕食、昼食にコントロール群の1食分の1.5倍の食事を摂取した。表2に規定食1食当たりの栄養素構成を示す。

表2 規定食1食当たりの栄養素構成

献立	重量 (g)	熱量 (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	食塩相当量 (g)
・ご飯	200	280.0	4.2	0.8	64.0	0.0
・ハンバーグセット	260	280.0	17.6	11.3	27.0	2.5
・から揚げ	100	190.0	15.0	10.0	10.0	1.4
・コーンスープ	170	78.0	1.3	2.2	13.0	1.2
1食合計	730	828.0	38.1	24.3	114.0	5.1

P:F:C=18.41: 26.41: 55.18

3) 被験者スケジュール

被験者は実験当日16時にヒューマンカロリメーター一室前に集合し血圧、体重、体温を測定した後、17時にヒューマンカロリメーター室に入室した。実験の流れは、実験①:測定開始→夕食過食→睡眠→朝食欠食→昼食過食→測定終了で行った。退室は翌日の18時とした。入室後は座位安静を保ち、測定中の姿勢は座位安静とし入室中規定食以外は水の摂取のみ許可した。テレビ観賞、飲水以外の行動は試験のスケジュールに従ってもらった。

4) 酸素摂取量、二酸化炭素排出量、心拍数

入室中の代謝量は、入室から質量分析計において

連続測定した測定室内の酸素濃度、二酸化炭素濃度、窒素濃度、排気量、温度、湿度、および気圧から1分間あたりの酸素摂取量と二酸化炭素排出量を算出した。

5) 心拍の測定

心拍数測定には心電呼吸送信機 LX-3230 (フクダ電子株式会社) を用い、心拍ゆらぎリアルタイム解析システム Mem Calc/Tarawa (株式会社ジー・エム・エス社) に取り組んだ心拍ゆらぎの様相を解析、表示し、交感神経系の指標として LH/HF 比を、副交感神経系の指標として HF 値を用いた。

5) 体重及び体脂肪率の測定

体重及び体脂肪率は入室前に高精度体成分分析装置 (Body composition Analyzer In Body3.2: バイオスペース社) にて測定した。

6) 統計解析

統計処理は Excel 関数 test の t 検定を用いて行った。有意水準は5%未満とした。測定値は全て平均値±標準誤差で示した。

2. 実験②

1) 被験者

本実験の被験者は、仙台大学に所属する年齢、体格の近い健常男性7名とした。被験者の身体組成を表3に示す。被験者は継続してエネルギー消費量の測定が可能なヒューマンカロリメーターに入室し、その各々に対して朝食を欠食し昼食と夕食に2食のまとめ食いをする場合 (実験群) と、3食摂取する場合 (対照群) の2回の実験をランダムに実施した。

表3 被験者の身体的特徴

	朝食摂食群	朝食欠食群
n = 7		
年齢(歳)	20.9±0.88	
身長(cm)	171.2±7.2	
体重(kg)	64.7±6.32	64.6±6.22
体脂肪率(%)	15.0±2.43	14.9±2.25
BMI	20.9±0.84	20.7±0.78

平均±標準偏差

2) 環境および食事量の設定、測定方法、心拍の測定、体重及び体脂肪率の測定は実験①と同様とした。

3) 被験者スケジュール、

被験者は実験当日 16 時にヒューマンカロリメータ一室前に集合し血圧、体重、体温を測定し、17 時にヒューマンカロリメータ室に入室した。測定の開始は翌日 6 時 30 分からとした。実験②: 測定開始 → 朝食欠食 → 昼食過食 → 夕食過食 → 睡眠 → 測定終了。実験室の退室は翌々日 8 時とした。入室後は座位安静を保ち、テレビ観賞、飲水以外の行動は試験のスケジュールに従ってもらった。

4) 統計解析

統計処理には統計解析ソフトウェア SPSS ver. 17.0 for Windows(エスピーエスエス社)を用いた。群間差の比較には対応ある t-検定、時系列データでは運動実施時間、時間経過を要因とした反復測定による 2 元配置分散分析を行い、有意な交互作用が認められた場合には Bonferroni の方法による多重比較検定を行った。なお有意水準は 5%未満とした。測定値は全て平均値±標準誤差で示した。

IV. 結果

1. 実験①

図 1 が示すとおり、夕食以後(18:00~20:00)2 時間のエネルギー消費量は実験群において有意に高値を示した。また朝食摂取開始から 2 時間(7:00~9:00)の総エネルギー消費量は、対照群約 177kcal 実験群 143kcal で実験群において有意に低値を示した。実験群では朝食を欠食しており、食事を摂取した場合に起こる食後のエネルギー消費量の亢進が起きなかったのがこの一因であると考えられる。さらに昼食摂取開始から 2 時間(13:00~15:00)の総エネルギー消費量は、対照群で約 176kcal、実験群 178kcal で有意な差は見られなかった。実験群では昼食に 1.5 倍の食事を摂取しているにも関わらず有意な差を示さなかった。図 2 が示すとおり、夕食の過食にも関わらず睡眠時のエネルギー消費量に有意な差は見られなかった。図 3 が示すとおり、1 日のエネルギー消費量に有意な差は見られなかった。

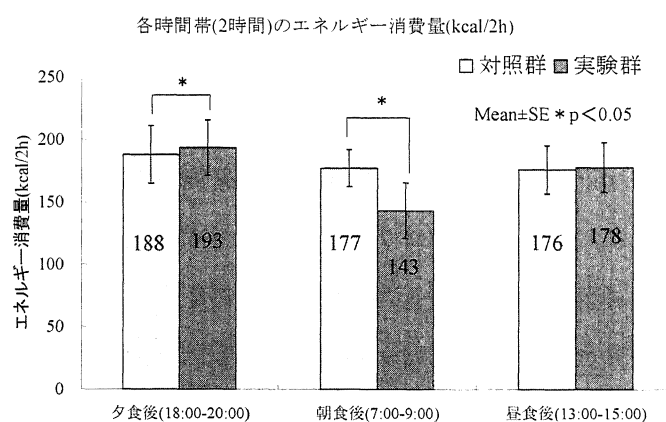


図1 各時間帯2時間のエネルギー消費量の比較

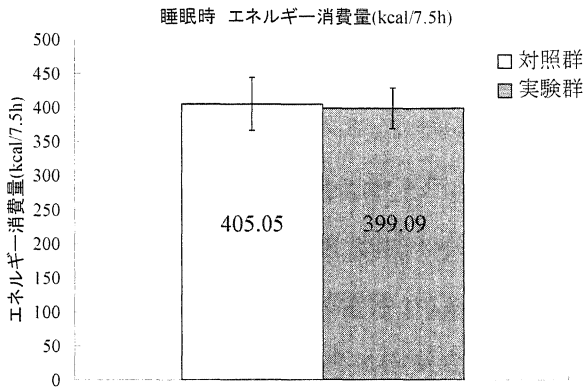


図2 睡眠時のエネルギー消費量の比較

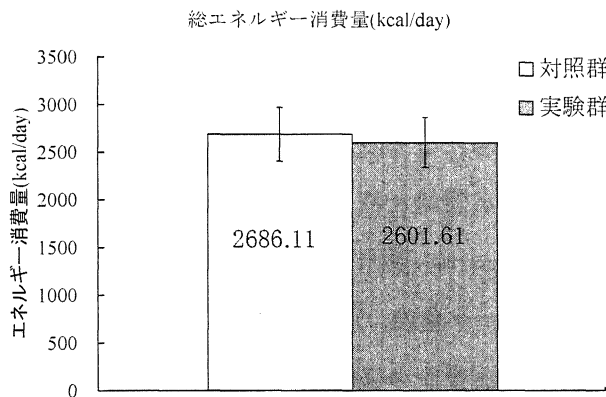


図3 1日の総エネルギー消費量の比較

2. 実験②

1) 図4、5、6および7に朝食摂取群と朝食欠食群のエネルギー消費量(kcal/min)を30時間の平均値の推移で示した。図4および5に示すように7:00~8:00、11:30~12:30の時間帯において朝食欠食群のエネルギー消費量は有意に低値を示した。

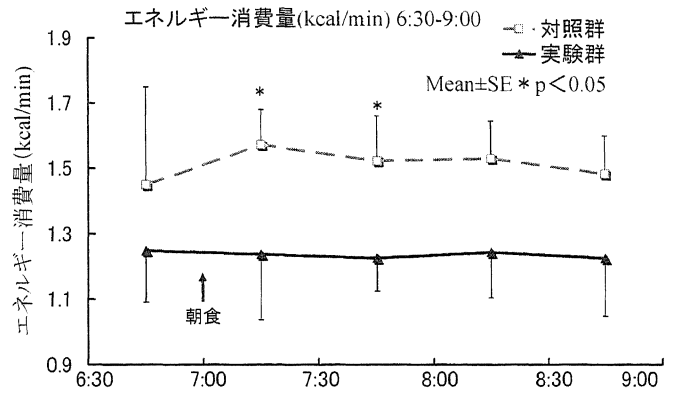


図4 エネルギー消費量の推移(6:30~9:00)

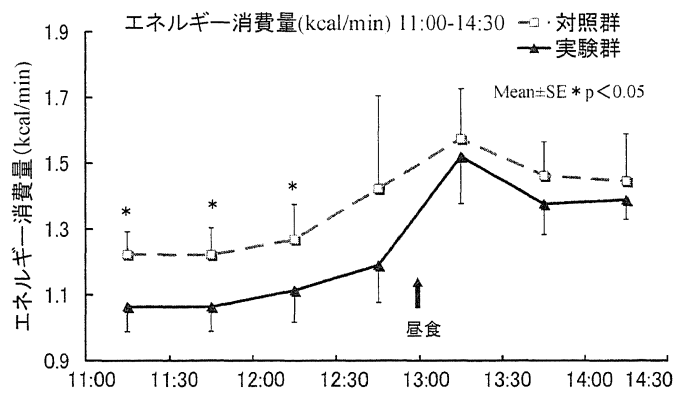


図5 エネルギー消費量の推移(11:00~14:30)

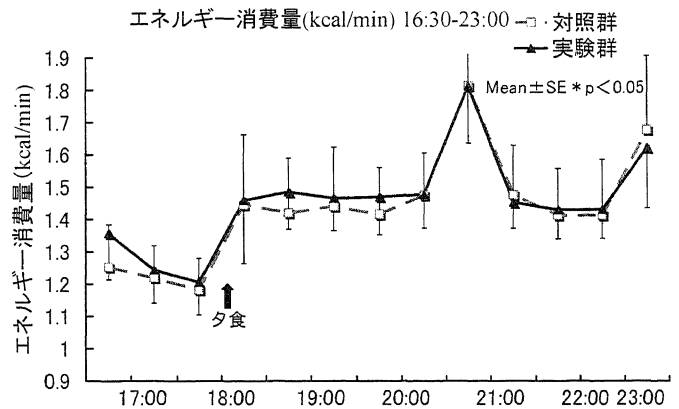


図6 エネルギー消費量の推移(16:30~23:00)

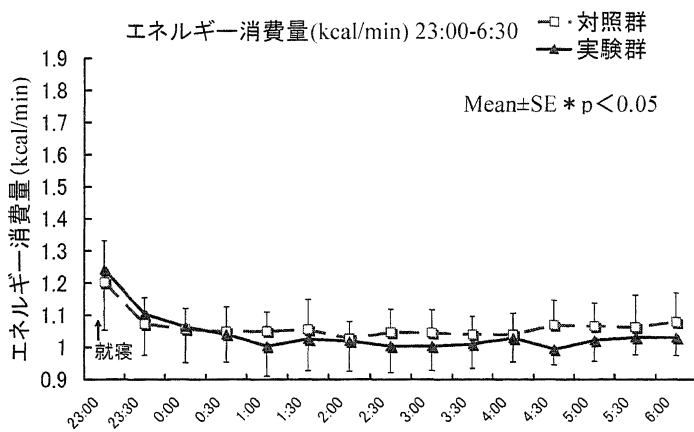


図7 エネルギー消費量の推移(23:00~6:30)

2) 図8に1日の総エネルギー消費量(kcal/day)を示した。1日エネルギー消費量は実験群において低値を示す傾向が見られた。

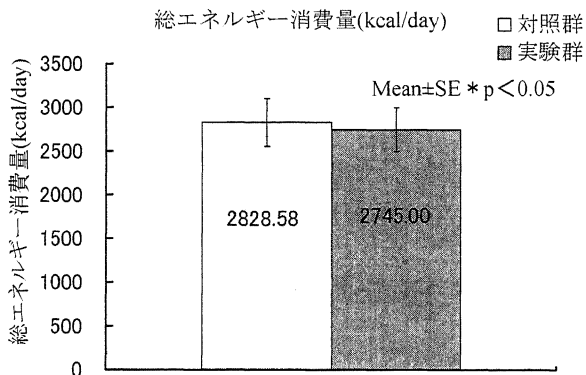


図8 1日の総エネルギー消費量の比較

V. 考察

実験①は夕食の過食が睡眠時、朝食時に及ぼす影響を明らかにする事を目的とした。実験群において夕食時に摂取した1.5倍の食事量の影響で、夕食後2時間のエネルギー消費量は有意に高値を示したが、睡眠時のエネルギー消費量に有意な差は見られなかった。夕食時の過食は、時間の経過により睡眠時のエネルギー消費量には影響を及ぼさないことが明らかになった。その後のエネルギー消費量は朝食

欠食後2時間のエネルギー消費量は有意に低値を示し、昼食後2時間のエネルギー消費量に有意な差が見られなかった。このことは森谷らの研究と同様の結果を示している。夕食の過食に伴うエネルギー消費量の亢進は食後、睡眠と長時間経過することで生じなくなるが、朝食欠食に伴うエネルギー消費量の抑制は昼食後のエネルギー消費量を低く抑え込む、つまり食後のエネルギー消費量の増減は食事と食事の間の時間が深く関わっていると考えられる。

実験②では、実験群において1日のエネルギー消費量が低値を示す傾向が見られた。実験②では朝食を抜いた2食のまとめ食いが1日のエネルギー消費量を低く抑える可能性が示唆された。実験②は①と違い、測定開始と終了の時刻を変えて測定おり(実験スケジュール参照)、実験②では朝食欠食の影響が昼食後、夕食後、睡眠時に及んでいる。図6のエネルギー消費量の経時変化が示すとおり、実験②では実験群が夕食時に1.5倍のまとめ食いをしているにも関わらずエネルギー消費量に有意な差は生じていない。実験①では朝食欠食が昼食後のエネルギー消費量を低く抑え込むことを結果となったが、本実験の結果は朝食欠食が昼食後だけでなく夕食後のエネルギー消費量を低く抑え込む可能性を示唆している。つまり実験②において1日のエネルギー消費量が低く抑えられた要因は朝食の欠食であると考えられるのである。実験①では夕食の過食後のエネルギー消費量の亢進は食後から睡眠を経て生じなくなったが、朝食の欠食によるエネルギー消費量の抑制は昼食のみでなく、夕食後のエネルギー消費量を低く抑制することが明らかになった。このことは逆に考えると、朝食摂取後に起こる代謝反応がエネルギー消費を高める食べ方を考える上で非

常に重要であることを示している。

起床時は夕食後から長時間が経過しており、血糖値、筋肉中、肝臓中のグリコーゲンが減少した状態にある。その為、朝食は血糖値を上げ、筋肉、肝臓中のグリコーゲンを補給する意味がある。また起床から朝食にかけて交感神経が高まり、脳も覚醒していくことから、朝食は人間が活動状態にスイッチにもなっている。エネルギー消費量の約2割を占める食事誘発性体熱産生は朝食後に最も高まるという報告がある¹⁰⁾が、睡眠時からのリカバリーと関連がある可能性がある。田中らによると、食後30分以内の代謝亢進(DIT)は消化管活動よりむしろ、肝臓グリコーゲンの消費によること、さらにこの機構にはホルモンおよび自律神経などが関与していることを報告している¹¹⁾。またDiamondらは食後10分位にピークがあり40分位までのDITの初期反応は、食べ物の咀嚼が脳中枢を刺激して交感神経の興奮を招き、その結果ノルアドレナリンの分泌が増加してエネルギー代謝の亢進がおこることによるとしている。食後40分以降のDITの後半の反応は3大栄養素の、消化、吸収、代謝によるエネルギー代謝亢進によると報告している¹²⁾。朝食摂取後、これらの代謝反応は起床後初めての食事という条件で朝食特有の変化をし、昼食後、夕食後のエネルギー消費にも影響を及ぼしていると考えられる。

VI. 参考文献

- 1)平成16年 厚生労働省 国民・健康栄養調査
- 2)勝川史憲:肥満とインスリン抵抗性—長軸的視座の重要性—, pp. 1.
- 3)McArdle, W. D., 2000: 運動生理学, 杏林書院, pp. 531.

- 4)農林水産省総合食料局(2004)日本人の食卓, p. 14, <http://www.kanbou.maff.go.jp/www/anpo/index.ht>
- 5)永井成美, 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、および自律神経活動へ及ぼす影響, 糖尿病学会 48 巻 11号, pp. 761-770.
- 6)中村 和照, 宮下 政司, 長坂 昌一郎, 徳山 薫平, 2007: 就寝直前の夕食が睡眠時のエネルギー消費量に与える影響, 肥満研究: 日本肥満学会誌, pp. 250-255.
- 7)奥田拓道, 1998: 病気を理解するための生理学・生化学, 金芳堂, pp. 160.
- 8)Henning B, Lofgren R, Sjostrom L. Med Biol Eng Comput, 34(3)207-212, 1996
- 9)細谷憲政, 2000: 今なぜエネルギー代謝か?, pp. 1-48.
- 10)辻原命子, 谷由美子, 1992: 食事誘発性体熱産生(DIT)に及ぼす季節ならびに食事組成の影響, 名古屋女子大学紀要. 家政・自然編 38, pp. 39-49
- 11)田中武彦, 1978: 栄食誌, pp. 31
- 12)Diamond, 1985: Am JPhysiol, pp. 248