

厚生科学研究費補助金

健康科学総合研究事業

栄養所要量策定のための基礎代謝基準値作成に関する研究

平成14年度 総括・分担研究報告書

(3年計画の3年目)

主任研究者 柏崎 浩

平成15年(2003年)3月

# 目 次

## I. 総括研究報告書

栄養所要量策定のための基礎代謝基準値作成に関する研究	1
----------------------------	---

## II. 分担研究報告

ヒューマンカロリメーターによる基礎代謝量測定における精度に関する研究－精度向上のためのデータ処理方法の検討－	6
--	---

基礎代謝測定前の移動時間が基礎代謝量に及ぼす影響	11
--------------------------	----

ヒューマンカロリメーターによる睡眠時代謝量の実測値と基礎代謝基準値を用いた推定値	16
--	----

中高年者の基礎代謝に関する研究	22
-----------------	----

幼児における基礎代謝量の実測値	28
-----------------	----

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	34
---------------------	----

IV. 研究成果の刊行物・別刷	35
-----------------	----

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）  
総括研究報告書

栄養所要量策定のための基礎代謝基準値作成に関する研究

主任研究者 柏崎 浩 国立健康・栄養研究所 部長

研究要旨

現行の基礎代謝基準値の原データを構成する1960年代に公表された個人別基礎代謝実測値について再検討した結果、基礎代謝(BMR)データベースとして今後も活用し得る有用な測定値であることを昨年度の研究で確認した。ダグラス・バッグを用いた古典的方法はBMRを実測する方法として、今後も活用され、また適用範囲の広がることが期待される。良質の実測値とするためには種々考慮すべき点がある。今年度は、平成13年度に引き続き、以下の研究を実施した。① ヒューマン・カロリメーターでのBMR測定値の精度を検討した。ヒューマン・カロリメーターでの測定値は、アルコール燃焼テストで測定精度の妥当性を確認するものである。ダグラス・バッグを用いた測定方法にも、それなりの精度管理が要求されるが、実測値の妥当性を確認するためにはヒューマン・カロリメーターでの測定値との比較による測定精度管理が必要となる。しかし、ヒューマン・カロリメーターでの短時間の測定に、さらに改善すべき点があり、今後も検討を継続する予定である。② 基礎代謝測定前の移動時間が基礎代謝量に及ぼす影響について検討した。従来の基礎代謝量測定では、前日より宿泊して覚醒後に測定する条件と、測定日当日に測定場所へ移動し、しばらくの休息の後、測定を行う条件による研究が混在している。基礎代謝量の測定において前日宿泊が必要でないことを確認した。また、測定日当日に測定場所に移動する場合、移動時間、歩行時間の違いにかかわらず、30分間仰臥安静の後に測定した基礎代謝量に影響しないことを確認した。③ FAO/WHO/UNU(1985)や日本人の栄養所要量において、睡眠時間中のエネルギー消費量(Sleeping Metabolic Rate: SMR)は基礎代謝量(BMR)と同等と考えられている。ヒューマン・カロリメーターで測定した8時間のSMRとBMRを比較した結果、要因加算法において睡眠時の代謝量をBMRと等しいとする考え方は妥当であることを確認した。④ 体構成や運動習慣の異なる中高年者の基礎代謝を継続的に検討した。体重当たりの基礎代謝量(kcal/kg BW/day)は運動習慣別グループで異なっていたが、BOD PODによる体密度法から得られたLean Body Massあたりで見るとグループ間に基礎代謝量の差は認められなかった。⑤日本人について、健康な幼児における基礎代謝量(basal metabolic rate: BMR)の実測例は少ない。そこで、3～6歳の幼児において早朝空腹時に仰臥安静でBMRを測定した。今回得られた値は、基礎代謝基準値と比べて、年齢が低いほど低めの値となっており、特に女子においてその傾向が顕著であった。

分担研究者

田中茂徳(国立健康・栄養研究所 栄養所要量  
研究部 エネルギー代謝研究室長)  
樋口 満(国立健康・栄養研究所 健康増進研  
究部 部長)  
岡 純(国立健康・栄養研究所 応用栄養学研  
究部 部長代理)

高田和子(国立健康・栄養研究所 健康増進研  
究部 主任研究官)  
二見 順(国立健康・栄養研究所 栄養所要量  
研究部 客員研究員 東日本国際大学、経済  
学部・経済情報学科 医用生体工学 助教  
授)

## 研究目的

エネルギー消費量をエネルギー所要量とする基本的な考え方が昭和50年所要量改定で明示されて以来、エネルギー消費量の推計は主として要因加算法によっていた。ヒューマン・カロリメーターあるいは二重標識水法によって、1日のエネルギー消費量(TEE)の正確な実測が可能となった現在、エネルギー所要量の策定において、日常生活の身体活動量を実測のTEE/BMR(Physical Activity Level: PAL)で適切に示すことが、わが国でも、また国際的にも重要となっている。すなわち、正確なエネルギー消費量の連続的測定が可能となるにしたがい、適切な基礎代謝基準値を設定することの重要性が増している。

生活習慣病の中でも糖尿病や肥満は、その他の生活習慣病の危険因子にもなることから、その発生予防対策が急がれている。わが国においては、栄養調査(国民栄養調査)が実施されており、それを基に栄養所要量が策定されている。本研究で得られた、基礎代謝量をはじめとするエネルギー代謝にかかわる基礎データは、健康科学センター、保健センター等における生活習慣病予防・改善指導に必要な情報提供に資するのみならず、次回の栄養所要量策定に必要な基礎的資料とすることを目的としている。

## 研究方法

昨年度の研究で、現行の基礎代謝基準値の原データを構成する1960年代に公表された個人別基礎代謝実測値について再検討した結果、基礎代謝(BMR)データベースとして今後も活用し得る有用な測定値であることを確認した。ダグラス・バッグを用いた古典的方法はBMRを実測する方法として、今後も活用され、また適用範囲の広がることが期待される。良

質の実測値とするためには種々考慮すべき点がある。今年度は、平成13年度に引き続き、以下の研究を実施した。1) ヒューマンカロリメーターを用いた基礎代謝量測定における精度に関する研究 2) 基礎代謝測定前の移動時間が基礎代謝量に及ぼす影響 3) ヒューマンカロリメーターによる睡眠時代謝量の実測値と基礎代謝基準値を用いた推定値の検討 4) 体構成や運動習慣の異なる中高年者の基礎代謝の検討 5) 健康な幼児における基礎代謝量の実測。

### (倫理面への配慮)

本研究において、人を対象とする研究、すなわち、基礎代謝量、ヒューマン・カロリメーターでの測定、二重標識水投与については、独立行政法人国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した。

対象者(被験者)には、研究や測定の意義及びこれらにともなう危険性のないことについての十分に説明した後、書面での同意を得て実施した。

### 研究結果と今後の見通し

今年度、実施した研究の成果および途中経過は以下のように要約することができる。

#### 1. ヒューマンカロリメーターを用いた基礎代謝量測定における精度に関する研究

間接熱量測定法によるヒューマンカロリメーター(IHC: Indirect Human Calorimeter)は、エネルギー消費量(EE: Energy Expenditure)を、マスク等を装着することなく非侵襲的に長時間連続して高精度に測定可能とする。この特徴により、1日のエネルギー消費量(TEE: Total

Energy Expenditure)の有用なデータを提供している。しかし、短時間(15~30分程度)のEEを高精度に測定することが困難な点があり、このことが、IHCによる基礎代謝量(BMR: Basal Metabolic Rate)を測定する上での障害となっている。IHCにおいて、アルコール燃焼試験を繰り返し行うことにより、15分間隔のEEをより高い精度で測定するためのデータ処理方法を検討し、IHCを用いたBMRの測定に適用した。現行法および新たなデータ処理法を用いてIHCで測定したBMRと、ダグラスバッグ法により測定したBMRとを比較・検討した結果、新たなデータ処理法は現行法に比し、EE測定データのばらつきを抑制し、IHCによるBMRとDB法によるBMRとの一致性をやや向上させた。しかし、現段階での一致性評価はDB法による測定誤差を含むデータとの比較であるから、IHCによるデータ処理法の改善とあわせ、より適切な分析方法を今後も継続的に研究する予定である。

## 2. 基礎代謝測定前の移動時間が基礎代謝量に及ぼす影響

基礎代謝量の測定では、前日より宿泊して覚醒後に測定する条件と、測定日当日に測定場所へ移動し、しばらくの休息の後、測定を行う条件による研究が混在している。初年度の研究において、移動後30分程度の休息後に測定した基礎代謝量が、前日より宿泊した条件での基礎代謝量と差がないことを示した。しかし、多人数を対象とする実際の測定においては個々の移動時間や移動時間のうちの歩行時間は多様である。移動時間が多様な対象者について、30分間の休息後の基礎代謝量を測定し、移動時間により基礎代謝量に差がみられるかを検討した。対象者の移動に要した時間は平均で76.6±39.8分(3~150分)、そのうち

の歩行時間は平均18.5±9.0分(0~42分)であった。移動時間、歩行時間によって、4等分の群に分け、それぞれの群での基礎代謝量を比較したところ、基礎代謝量に差は認められなかった。

基礎代謝量の測定において、測定日当日に測定場所へ移動する場合、移動時間、歩行時間の違いにかかわらず、30分間仰臥安静の後に測定した基礎代謝量に影響しないことを確認した。

## 3. ヒューマンカロリメーターによる睡眠時代謝量の実測値と基礎代謝基準値を用いた推定値

FAO/WHO/UNU(1985)や日本人の栄養所要量において、睡眠時間中のエネルギー消費量(Sleeping Metabolic Rate: SMR)は基礎代謝量(BMR)と同等と考えられている。しかし、マスクを装着して睡眠時間中の代謝量を長時間にわたって測定するのは侵襲性が大きく、自然な睡眠における長時間測定を基礎とするSMRの実測値は国際的にも少ない。また、日本人について全睡眠時間におけるエネルギー消費量をBMRと比較した研究はない。そこで、ヒューマンカロリメーターで測定した8時間のSMRとBMRを比較した。就寝後、時間経過にともなってエネルギー消費量は徐々に減少する傾向が認められた。8時間のSMR平均値はダグラスバッグによる実測値あるいは基準値による推定BMRの平均値とほぼ一致した。したがって、要因加算法において睡眠時の代謝量をBMRと等しいとするのは妥当と考えられる。ただし、SMR/BMR比に個人間の変動が観察され、特にBMRの推定値を用いると変動が大きいことに、実用上は留意する必要がある。

## 4. 中高年者の基礎代謝に関する研究

ランニングやテニスを日常規則的に行っている閉経後中高年女性とウオーキングクラブ、ローイングクラブに属している中高年男性の基礎代謝を測定し、身体組成との関連を検討した。過去2年間に測定した中高年女性の値と比べて、ランニング、あるいはテニス愛好女性の Body Mass Index (BMI)、体脂肪率は低く、BODPOD システムによる体密度から得られた Lean Body Mass (LBM)は差がみられなかった。両スポーツ愛好者の基礎代謝量(kcal/day, kcal/kg LBM/day)には顕著な差がみられなかったが、体重当たりの基礎代謝量(kcal/kg BW/day)では、低体脂肪率を反映して高い値になっていた。また男性では、比較的体重、BMI が低いウオーキング愛好者に比べて、体重と LBM が多くて BMI がやや高いローイング愛好者の基礎代謝量(kcal/day)はやや高くなっていたが、体重、あるいは LBM 当たりでみると両グループ間に基礎代謝量の差は認められなかった。

#### 5. 幼児における基礎代謝測定値

日本人について、健康な幼児における基礎代謝量(basal metabolic rate: BMR)の実測例は少ない。そこで、3~6歳の幼児において早朝空腹時に仰臥安静で BMR を測定した。対象は、保育所に在園する健康な幼児 40名(男女各20名)とした。BMR は体重当りで表すと、男子では  $48.1 \pm 4.5$  kcal/kg、女子では  $45.1 \pm 4.2$  kcal/kg であった。今回得られた値は基礎代謝基準値と比べて、年齢が低いほど低めの値となっており、特に女子においてその傾向が顕著であった。

#### 健康危険情報

なし

#### 研究発表

1) 山村千晶、柏崎 浩: 早朝空腹時安静代謝量の変動要因: 公表された個人別測定値の再検討より. 栄養学雑誌, 60(2):75-83, 2002;

2) 山村千晶、田中茂穂、柏崎 浩: 身体活動量に関する質問票の妥当性について. 栄養学雑誌 60(6):265-276, 2002

3) Futami, J and Kashiwazaki, H.: Data quality control and improvement of a whole-body human calorimeter by System Dynamics approach. (submitted).

4) Yamamura, C., Tanaka, S., Futami, J., Oka, J., Takata, K., Kashiwazaki, H.: Accuracy of activity diary of 24-hour and some divisions of energy expenditure by a whole-body human calorimeter. (submitted)

5) 二見 順、田中茂穂、山村千晶、岡純、高田和子、柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定—精度評価と精度向上のための問題点の検討—(投稿中)

6) 田中茂穂、山村千晶、二見 順、岡純、高田和子、柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターを用いて測定した座位中心の生活における一日あたりのエネルギー消費量(投稿中)

7) 山村千晶、田中茂穂、岡 純、二見順、高田和子、柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターで測定した24時間エネルギー消費量と生活活動記録によるエネルギー消費量の推定値との比較・検討(投稿中)

## 学会発表

1) 二見 順, 柏崎 浩, 田中茂穂, 山村千晶, 岡 純, 高田和子: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定を高速応答で実現するアルゴリズムの検討。第 56 回日本栄養・食糧学会、2002 年 7 月、札幌

2) 田中茂穂, 山村千晶, 二見 順, 岡 純, 高田和子, 柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターによる 24 時間のエネルギー消費量の測定。第 56 回日本栄養・食糧学会、2002 年 7 月、札幌

3) 山村千晶, 田中茂穂, 岡 純, 二見 順, 高田和子, 柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターで測定した 24 時間のエネルギー消費量と生活活動記録によるエネルギー消費量の推定値との比較・検討。第 56 回日本栄養・食糧学会、2002 年 7 月、札幌

4) 高田和子, 藤野千代子, 柏崎浩: 各種ペットボトル水に含まれる 18O および 2H の測定—二重標識水法の検討—, 第 56 回日本栄養・食糧学会, 2002 年 7 月 20 日, 札幌

5) Futami J, Kashiwazaki H: Data Quality Control and Improvement of Indirect Human Calorimeter by System Dynamics Approach. XXth International Conference of System Dynamics Society, 2002.7.30, Palermo, Italy

6) Tanaka S, Yamamura C, Futami J, Oka J, Ishikawa-Takata K, Kashiwazaki H: Inter-individual variation of nonexercise + activity thermogenesis measured by indirect human calorimeter. Ninth International Congress on Obesity, 2002.8.26, Sao Paulo, Brazil

7) 山村千晶, 田中茂穂, 岡 純, 二見 順, 高田和子, 柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターを用いた生活活動記録の妥当性の検討—基礎代謝量の実測値と推定値およびエネルギー代謝量の文献値による差異について—, 第 57 回日本体力医学会大会, 2002.9.28, 高知

8) 田中茂穂, 山村千晶, 二見 順, 岡 純, 高田和子, 柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターを用いて測定した睡眠時代謝量. 第 57 回日本栄養・食糧学会 2003.5, 福岡(予定).

9) 二見 順, 田中茂穂, 山村千晶, 岡 純, 高田和子, 柏崎 浩: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定における濃度測定値の長周期微変動の影響. 第 57 回日本栄養・食糧学会大会 2003.5. 福岡(予定).

知的財産権の出願・登録状況

なし

ヒューマンカロリメーターによる基礎代謝量測定における精度に関する研究  
—精度向上のためのデータ処理方法の検討—

分担研究者	二見 順	東日本国際大学	助教授		
研究協力者	田中茂穂	独立行政法人国立健康・栄養研究所	栄養所要量研究部	室 長	
	山村千晶	独立行政法人国立健康・栄養研究所	栄養所要量研究部	流動研究員	
	岡 純	独立行政法人国立健康・栄養研究所	応用栄養学研究部	部長代理	
	高田和子	独立行政法人国立健康・栄養研究所	健康増進部	主任研究員	
主任研究者	柏崎 浩	独立行政法人国立健康・栄養研究所	栄養所要量研究部	部 長	

間接熱量測定法を用いたヒューマンカロリメーター（IHC: Indirect Human Calorimeter）により測定される基礎代謝量（BMR: Basal Metabolic Rate）の、精度を向上させるデータ処理法について検討した。現行法および新たなデータ処理法により算出した15分間隔のEE（EE: Energy Expenditure）測定値を、アルコール燃焼試験によるEE理論値と比較・検討した。また、①現行のデータ処理法によりIHCで測定したBMR、②新たなデータ処理法によりIHCで測定したBMR、③被験者にマスクを装着してダグラスバッグ法（DB法）により測定したBMRを比較・検討した。新たなデータ処理法は、現行法に比し、IHCによるBMRの測定における精度を向上させた。新たなデータ処理法を用いた場合のBMRにおける標準偏差は、DB法を用いた場合のそれに比しやや大きかったが、データ処理法を含むIHC測定システムの今後の検討により、BMRの測定精度をさらに向上することが期待される。

### A. 研究目的

間接熱量測定法によるヒューマンカロリメーター（IHC: Indirect Human Calorimeter）は、エネルギー消費量（EE: Energy Expenditure）を、マスク等を装着することなく非侵襲的に長時間連続して高精度に測定する。この特徴により、1日のエネルギー消費量（TEE: Total Energy Expenditure）に対する有用なデータを提供している。しかし、短時間（15～30分程度）のEEを高精度に測定することが困難な点がある。基礎代謝量（BMR: Basal Metabolic Rate）の測定は、通常、短時間に行われるため、上記の点がIHCでBMRを測定する上での障害となっている。そこで、本研究では、独立行政法人国立健康・栄養研究所に設置されたIHCについて、アルコール燃焼試験を行うことにより、15分間隔のEEをより高い精度で測定するためのデータ処理方法を検討した。また、①当研究所で現在用いられているデータ処理法（現行法）によりIHC

で測定したBMR（以下、BMR①）、②新たなデータ処理法によりIHCで測定したBMR（以下、BMR②）、③被験者にマスクを装着してダグラスバッグ法（DB法）により測定したBMR（以下、BMR③）を、IHCで測定した睡眠時代謝量（SMR: Sleeping Metabolic Rate）を基準に比較・検討した。

### B. 研究方法

#### 1) IHCにより短時間EEを測定する際の問題点

IHCにおいて、単位時間当たりのガスG（N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>）の発生量 $\dot{V}_G$ は、質量保存の法則に従い下式により算出される（Sun, 1994）。

$$\dot{V}_G = \dot{V}_E \cdot F_{EG} - \dot{V}_I \cdot F_{IG} + d(V \cdot F_{EG})/dt \quad (1)$$

ここで、 $(\dot{V}_E \cdot F_{EG})$ は測定室から排気されるガスGの流量とその濃度の積、 $(\dot{V}_I \cdot F_{IG})$ は測定室に給気されるガスGの流量とその濃度の積、Vは測定室内ガス体積、tは時間である。流量と体積

は STPD に変換される。測定室内の空気は、排気される前に十分混合され、 $F_{EG}$  が測定室内のガス G の濃度に等しいことを仮定した。式(1)の右辺第1項と第2項は、それぞれ、測定室から単位時間あたりに排気されるガス G の量、測定室に単位時間あたりに給気されるガス G の量を表す。右辺第3項は、測定室内でのガス G の単位時間あたりの変化量を表す。流量計、濃度分析計の測定誤差は多くの場合 1%程度であるため、式(1)の右辺第1項と第2項は、通常、高精度に決定される。しかし、第3項については、 $F_{EG}$  の単位時間あたりの微小な変化 (1分あたり 0.001%程度) を正確に検出することが要求され、また、 $F_{EG}$  の測定誤差が V により拡大される。このため、第3項を高精度に決定することは困難であり、この項が、IHC により短時間の EE を測定する際の精度に大きな影響を与えている。

## 2) 問題点解決のためのデータ処理法

式(1)の右辺第3項に対する現行法は、式(2)に示すものである。時間 t での  $d(V \cdot F_{EG})/dt$  は、時間  $(t + \Delta t)$  での  $(V \cdot F_{EG})$  から時間 t での  $(V \cdot F_{EG})$  の差を、測定間隔  $\Delta t$  で除すことにより求められる。これに対し式(3)に示す新たなデータ処理法は、時間 t を含めた前後 5 つの時間  $(t - 2\Delta t)$  から  $(t + 2\Delta t)$  におけるデータを用い、 $3\Delta t$  隔たる 2 つの  $(V \cdot F_{EG})$  の差の平均値から  $d(V \cdot F_{EG})/dt$  を算出、これを  $\Delta t$  毎経時的に移動して行うものである。このような移動平均処理は、測定データが真値のまわりにランダムにばらつく場合に有効である。尚、本研究では  $\Delta t = 1$  分とした。

<現行法>

$$\left( \frac{d(V \cdot F_{EG})}{dt} \right)_t = \frac{(V \cdot F_{EG})_{t+\Delta t} - (V \cdot F_{EG})_t}{\Delta t} \quad (2)$$

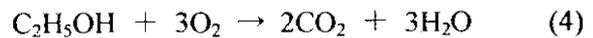
<新たなデータ処理法>

$$\left( \frac{d(V \cdot F_{EG})}{dt} \right)_t = \left[ \frac{((V \cdot F_{EG})_{t+2\Delta t} - (V \cdot F_{EG})_{t-\Delta t}) + ((V \cdot F_{EG})_{t+\Delta t} - (V \cdot F_{EG})_{t-2\Delta t})}{6\Delta t} \right] \quad (3)$$

## 3) アルコール燃焼試験

新たなデータ処理方法による 15 分間隔の EE の測定精度を確認するためアルコール燃焼試験を行った。エタノール (model:050-00446,

purity:99.5%, WAKO pure chemical industries, Ltd., Osaka, Japan) を満たしたアルコールランプ (model: 180-821, capacity: 125mL, YAZAWA Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan) を、無人状態で運転される IHC 測定室内のバランス (model: PB303-S, weighing to 0.001g, Mettler Toledo Inc., OH, USA) に乗せ 6 時間燃焼した。燃焼中 15 分毎に燃焼したエタノールの重量を測定、燃焼反応式 (式(4)) に基づき  $\dot{V}_{O_2}$ 、 $\dot{V}_{CO_2}$  を算出、Weir の式 (式(5): Weir, 1949) により EE を決定し理論値とした。



EE(kcal/min)

$$= 3.9 \cdot \dot{V}_{O_2}(\text{L/min}) + 1.1 \cdot \dot{V}_{CO_2}(\text{L/min}) \quad (5)$$

測定値については、IHC により 1 分毎に測定される  $\dot{V}_{O_2}$ 、 $\dot{V}_{CO_2}$  から Weir の式により EE を算出、これを 15 分間積算した。 $\dot{V}_{O_2}$ 、 $\dot{V}_{CO_2}$  は、現行法と新たなデータ処理法の両方法を用いて求め、算出されるそれぞれの EE を理論値と比較・検討した。

## 4) BMR と SMR の測定

新たなデータ処理法を IHC による BMR の測定に適用した。対象は、健康な日本人成人男女 (n=17 人、21 から 67 歳 (31.8 ± 13.5 歳)) であった。被験者は 18 時に IHC へ入室し、37 時間連続して滞在した。夕食 (1 日目: 18 時 30 分、2 日目: 19 時) 後、激しい運動を行わない自由時間を過ごし、23 時に就寝した。IHC による BMR の測定は、入室翌日の朝 7 時に目覚めた後、7 時 15 分から 7 時 45 分まで被験者がベッドに横になった状態で行った。目覚めた直後の排尿を許可したが、排尿後はただちにベッドに横になるよう指示した。現行のデータ処理法 (式(2)) により算出した BMR を BMR①、新たなデータ処理法 (式(3)) により算出した BMR を BMR②とした。DB 法による BMR の測定は、IHC 入室翌々日の 7 時に目覚めた後、7 時 20 分にマスクを装着し、7 時 35 分よりダグラスバッグに呼気を 10 分間づつ 2 回採取した。採取した呼気の  $O_2$ 、 $CO_2$  濃度を、質量分析計 (model: ARCO-1000, Arco System Inc., Chiba, Japan.) により測定、呼気量を乾式ガスメーター (model: DC-5, SHINAGAWA Co. Ltd., Tokyo, Japan.) により測定した。2 回の呼気サンプルにより決定さ

れる BMR の平均値を BMR③とした。

IHC による SMR の測定は、入室 1 日目の 23 時から翌朝 7 時の睡眠時間に行い、この間に測定される 8 時間の EE を、24 時間当たりにより比例換算して決定した。SMR の測定誤差は、アルコール燃焼試験により 1% 程度であることが確認されている（前年度分担研究報告書（二見））ことから、これに対する各 BMR（①②③）を比較・検討した。

#### （倫理面への配慮）

本研究におけるヒトを対象とした実験は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の許可を得て実施した。測定にあたって、対象者に測定の目的、利益、不利益、危険性、データの管理や公表について説明を行い、書面にて同意を得た。データは厳重に管理し、外部に流出することがないようにした。測定に伴う危険性はない。

### C. 研究結果

図 1 に、繰り返し行ったアルコール燃焼試験（6 時間燃焼、 $n=36$ ）について、現行法と新たなデータ処理法による 15 分間の EE を比較した。横軸に燃焼開始からの経過時間を 15 分間隔に示し、縦軸に各 15 分間隔毎の理論値と測定値との比 (%) について 36 例の平均値 (mean) および標準偏差 (SD) をプロットした。15 分間隔毎の mean の経時的動態は、現行法と新たなデータ処理法の両方法ともにほぼ理論値と一致し、全 15 分間隔の平均値は、現行法で 100.4%、新たなデータ処理法で 100.6%であった。15 分間隔毎の SD は、現行法と新たなデータ処理法ともに、195-210 分まで安定した動態を示し（平均値は 12.6%（現行法）、10.3%（新たなデータ処理法））、その後拡大した。

図 2 に、現行法と新たなデータ処理法により IHC で毎分測定した EE の一例を示す。新たなデータ処理法は、現行法に比し、データのばらつきを顕著に抑制した。BMR 測定中の 7 時 15 分から 7 時 45 分における EE の平均値±標準偏差は、現行法で  $1.2 \pm 2.0 \text{ kcal}$ 、新たなデータ処理法で  $1.3 \pm 1.2 \text{ kcal}$  であった。

表 1 に、各 BMR の SMR に対する比 (%) における、17 人の被験者の平均値と標準偏差を示す。いずれの BMR においても、全被験者についての平均値は SMR と同等であった。また、新たなデータ処理法は、現行法に比し、標準偏差を減少させた。

### D. 考察

図 1 に示した 15 分間隔毎の測定値/理論値の mean は、現行法、新たなデータ処理法ともに、燃焼終了までほぼ理論値と一致した。このことは、どちらのデータ処理法においても、高い精度で 15 分間の EE を算出することを示す。精度の指標となる SD については、新たなデータ処理法が精度を向上 (SD を減少) させたものの、燃焼開始後 210 分までの安定した動態を示した期間においても 10% 前後の値であった。燃焼開始 210 分以降の SD が拡大した期間においては、燃焼率の減少がみられ、これによる  $dF_{EG}/dt$  の減少が、SD 拡大の要因と考えられる。しかし、この期間においても、新たなデータ処理法は、現行法に比し EE の測定精度を向上させた。

このデータ処理法を IHC での BMR 測定に適用した場合、BMR 測定期間中の EE 測定データのばらつきを抑制した（図 2）。また、新たなデータ処理法は、BMR/SMR 比の SD を、現行法に比し減少させた（表 1）。この SD には、BMR/SMR 比の個人間変動の影響が含まれるが、同一データを用いて算出した BMR①と BMR②における BMR②の SD の減少は、測定精度の向上と考えられる。BMR②の SD は、BMR③のそれに比してはやや大きかったが、データ処理法を含む IHC 測定システムの今後の検討により、BMR の測定精度をさらに向上することが期待される。

### E. 結論

新たなデータ処理法は、現行法に比し、IHC による BMR の測定における精度を向上させた。新たなデータ処理法を用いた場合における BMR/SMR 比の SD は、DB 法を用いた場合のそれに比しやや大きかったが、データ処理法を含む IHC 測定システムの今後の検討により、BMR の測定精度をさらに向上することが期待される。

### F. 引用文献

Sun M, Reed GW, Hill JO (1994) Modification of a whole room indirect calorimeter for measurement of rapid changes in energy expenditure. *Journal of Applied Physiology* 76 : 2686-2691.

Weir JB (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *Journal of Physiology (London)* 109 : 1-9.

## G. 健康危険情報

なし

## H. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

①Jun Futami and Hiroshi Kashiwazaki: Data Quality Control and Improvement of a Whole-body Indirect Human Calorimeter by System Dynamics Approach. The 20th International Conference of the System Dynamics Society. 2002.7. (Palermo, Italy).

②二見順, 柏崎浩, 田中茂穂, 山村千晶, 岡純, 高田和子: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定を高速応答で実現するアルゴリズムの検討. 第 56 回日本栄養・

食糧学会 2002.7. (札幌).

③二見順, 田中茂穂, 山村千晶, 岡純, 高田和子, 柏崎浩: ヒューマンカロリメーターによるエネルギー消費量測定における濃度測定値の長周期微変動の影響. 第 57 回日本栄養・食糧学会大会 2003.5.,福岡 (予定).

## I. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

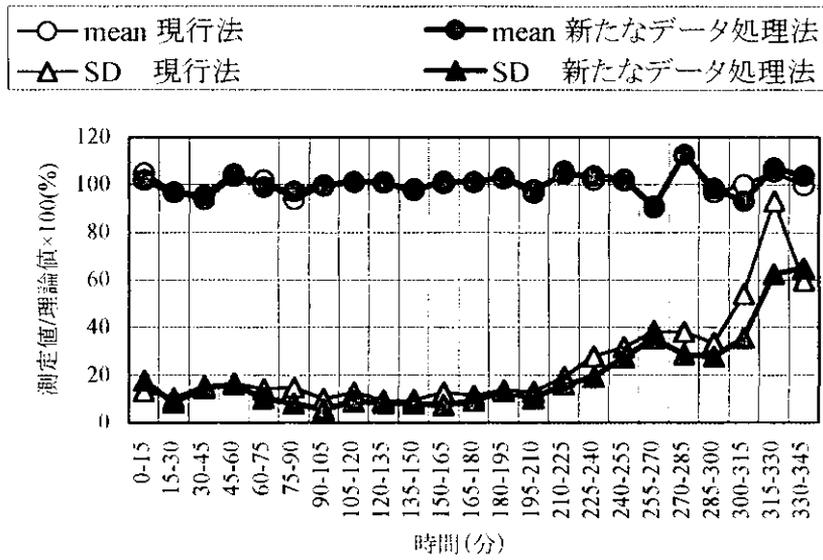


図1 現行法と新たなデータ処理法による15分間EEの比較

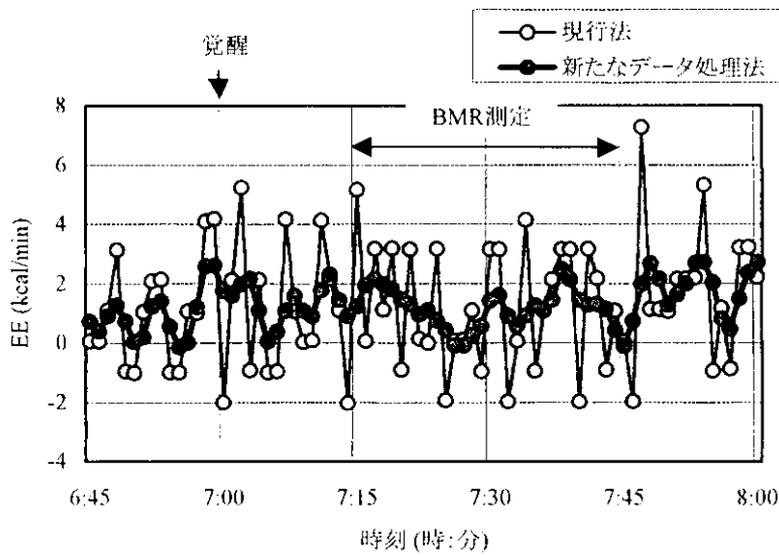


図2 現行法と新たなデータ処理法によるEEの比較

表1 各BMRのSMRに対する比における平均値と標準偏差(%)

	mean (%)	SD (%)
①現行法によりIHCで測定したBMR	100.0	11.4
②新たなデータ処理法によりIHCで測定したBMR	100.2	9.4
③ダグラスバッグ法により測定したBMR	101.9	8.5

\*BMR/SMR×100(%)

\*n=17

## 基礎代謝測定前の移動時間が基礎代謝量に及ぼす影響

分担研究者 高田和子 独立行政法人 国立健康・栄養研究所 健康増進研究部主任研究員

研究協力者 岡 純 独立行政法人 国立健康・栄養研究所応用栄養学研究部部長

田中茂穂 独立行政法人 国立健康・栄養研究所栄養所要量部室長

別所京子 鎌倉女子大学短期大学部講師

主任研究者 柏崎浩 独立行政法人 国立健康・栄養研究所栄養所要量部部長

初年度には、前日から宿泊して測定する条件と、一定の移動の後に休息をとって測定する条件での代謝量の比較を行い、30分の休息後の代謝量が起床後30分に測定した代謝量と差がないことを示した。しかし、実際の場面では、測定場所までの移動は多岐に及ぶ。そこで、当日、測定場所へ移動して代謝量を測定したデータをもとに、移動時間や歩行の時間の影響を検討した。その結果、移動後30分の横臥位安静をとった後の代謝量は、移動時間や移動時間中の歩行時間の量とは関連していないことが明らかになった。

### A. 研究目的

基礎代謝量の測定では、前日より宿泊して覚醒後に測定する条件と、測定日当日に測定場所へ移動し、しばらくの休息の後、測定を行う条件による研究が混在している。初年度の研究において、移動後30分程度の休息後に測定した基礎代謝量が、前日より宿泊した条件での基礎代謝量と差がないことを示したが、これはすべての対象者を宿泊させ、同一の条件で30分間の歩行または電車での移動を含む60分間の移動による影響を検討したものであった。しかし、実際の多人数での測定においては個々の移動時間や移動時間のうちの歩行時間は多様である。本研究においては、移動時間が多様な対象者について、30分間の休息後の基礎代謝量を測定し、移動時間により基礎代謝量に差がみられるかを検討すること

を目的とした。

### B. 研究方法

#### ① 対象者

10歳代～70歳代の健康な男女115名を対象とした。対象者の職業は学生、会社員、主婦等多岐に渡っていた。

#### ② 測定項目及び方法

測定の前日には、夜9時まで夕食を終え、その後の飲食は禁じた。また、前日の激しい運動、飲酒を禁じ、8時間以上の睡眠をとるようにした。測定当日は朝食はとらず、喫煙もせずに、研究所に来所してもらった。研究所に到着後、測定の説明、アンケートのチェック等をした後、30分の横臥安静をとり、その後ダグラスバックを用いて10分間の呼気を2回採集した。採集した呼気は、質量分析計(ARCO

SYSTEMS, ARCO-1000)を用いて酸素と二酸化炭素濃度を分析した。呼気量は乾式ガスメーター (SHINAGAWA W-NK-5A)を用いて測定した。測定時には流量が一定になるようにポンプ(MEIKOSYA, VACUUM PUMP)を用いて呼気を流出した。

対象者には健康状態、生理の状態等に関するアンケート、自覚的な身体活動量に関するアンケートを実施した。また、身長、体重の測定、上腕・大腿・腹囲などの各周径囲の測定、皮下脂肪厚の測定(GPM・Skinfold Caliper)を行った。

#### (倫理面への配慮)

本研究は、独立行政法人 国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の許可を得て実施している。測定に際しては対象者に測定の利益、不利益、危険性、データの管理方法、データの

公表方法について説明を行い、書面にて同意を得た。測定はすべて安全なものであり、対象者に対して危険性のあるものではない。データの管理に際しては個人を同定する ID と測定データは別に管理し、データの管理は鍵のかかる場所に保管した。また、磁気データに関しては外部からのアクセスができないようにした。

#### C. 研究結果

対象者の年齢、身長、体重、BMI、基礎代謝量を性別、10歳きざみの年齢別に表1に示した。身長は年齢とともに低くなったが、体重、BMI には年齢による差はみられなかった。1日あたりの基礎代謝量、体重あたりの基礎代謝量とも男性では年齢とともにやや減少する傾向が見られたが、女性では年齢による差は顕著でなかった。体重あたりの基礎代謝量には男女による差はほとんどみられなかった。

表1 対象者の特性

男性							
	n	年齢 (yr.)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	基礎代謝量 (kcal/24hr)	基礎代謝量 (kcal/24hr/kg)
10歳代	3	18.3 ± 0.6	172.5 ± 7.1	63.1 ± 4.4	21.2 ± 0.3	1563 ± 153	24.7 ± 1.1
20歳代	16	24.5 ± 3.1	173.3 ± 5.0	70.0 ± 9.1	23.3 ± 3.0	1553 ± 259	22.3 ± 1.9
30歳代	9	33.3 ± 2.4	169.8 ± 5.7	74.7 ± 12.8	25.8 ± 3.4	1522 ± 155	20.6 ± 1.9
40歳代	7	43.4 ± 2.1	169.4 ± 6.9	76.3 ± 11.4	26.6 ± 3.6	1565 ± 194	20.6 ± 1.9
50歳代	1	50.0	167.2	81.0	29.0	1595	19.7
60歳代	1	66.0	159.0	62.4	24.7	1376	22.0
70歳代	1	72.0	159.7	56.9	22.3	1274	22.4
女性							
	n	年齢 (yr.)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	基礎代謝量 (kcal/24hr)	基礎代謝量 (kcal/24hr/kg)
20歳代	17	26.5 ± 2.2	162.0 ± 5.6	54.5 ± 10.4	20.8 ± 4.4	1183 ± 160	22.0 ± 2.7
30歳代	29	33.4 ± 2.4	159.1 ± 6.1	49.5 ± 5.2	19.6 ± 2.0	1099 ± 107	22.3 ± 2.3
40歳代	8	44.3 ± 2.5	161.3 ± 4.9	55.5 ± 7.0	21.3 ± 2.5	1127 ± 90	20.5 ± 2.2
50歳代	11	54.2 ± 3.4	157.3 ± 4.3	58.1 ± 6.6	23.5 ± 2.4	1164 ± 136	20.1 ± 1.7
60歳代	10	64.0 ± 2.6	151.5 ± 4.4	50.1 ± 5.2	21.8 ± 2.0	1076 ± 131	21.5 ± 1.7
70歳代	2	75.5	146.6	50.4	23.4	982	19.5

基礎代謝測定時に研究所に来るまでの移動時間とそのうちの歩行時間と体重あたりの基礎代謝量の関係を図1、2に示した。今回の対象者の移動に要した時間は平均で  $76.6 \pm 39.8$  分(3~150 分)、そのうちの歩行時間は平均  $18.5 \pm 9.0$  分(0~42 分)であった。体重

あたりの基礎代謝量は、移動時間、歩行時間のいずれとも一定の関係は見られず、相関係数はそれぞれ、 $0.055$  ( $p=0.558$ )、 $0.053$  ( $p=0.573$ )であった。

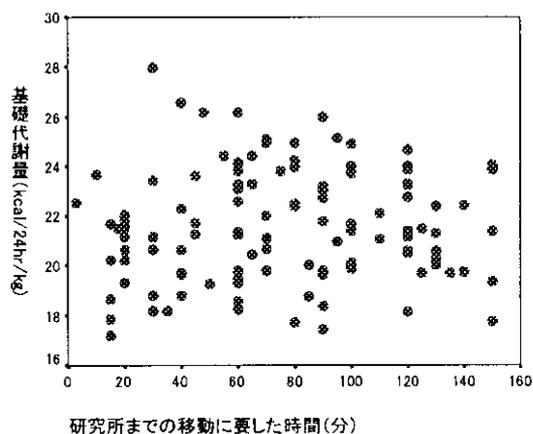


図1 体重あたりの基礎代謝量と移動時間の関係

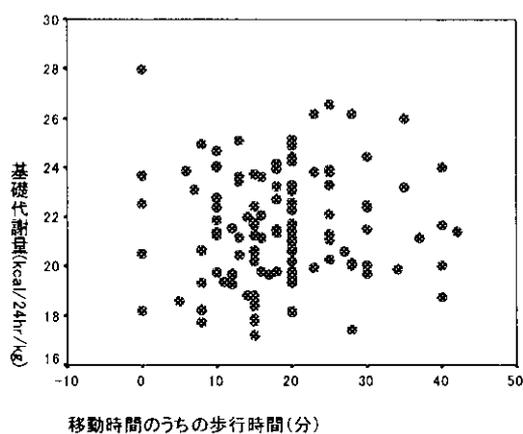


図2 体重あたりの基礎代謝量と歩行時間の関係

移動時間、歩行時間によって、4 等分の群に分け、それぞれの群での年齢、基礎代謝量を比較した(表 2,3)。移動時間による4 群では、最も移動時間の少ない群で他の群に比べて有意に年齢が高かった。1 日あたりの基礎代謝量は Quartile3 で、移動時間の最も少ない群に比べて有意に高かったが、体重あたりの基礎代謝量には群による差は

認められなかった。また、歩行時間による4 群では年齢、1 日あたりの基礎代謝量、体重あたりの基礎代謝量とも群による差はみられなかった。移動時間においては、群により年齢の差がみられたため、年齢で調整した移動時間と体重あたりの基礎代謝量の相関係数を求めたが、相関係数は  $-0.061$  で有意な値ではなかった。

表2 移動時間の4 群別の基礎代謝量

	Quartile1(low)	Quartile2	Quartile3	Quartile4(high)
年齢	50.4 ± 13.8	33.6 ± 9.5	34.1 ± 13.1	35.3 ± 13.1
基礎代謝量(kcal/24hr)	1163 ± 168	1286 ± 288	1347 ± 242	1243 ± 239
基礎代謝量(kcal/24hr/kg)	20.9 ± 2.5	22.2 ± 2.3	21.8 ± 2.4	21.5 ± 1.8
移動時間(分)	25.0 ± 10.6	59.6 ± 8.1	90.5 ± 8.1	129.5 ± 12.8
歩行時間(分)	13.6 ± 6.7	17.1 ± 6.2	23.0 ± 9.6	20.3 ± 10.3

表 3 歩行時間の 4 群別の基礎代謝量

	Quartile1(low)		Quartile2		Quartile3		Quartile4(high)	
年齢	37.3 ±	13.0	42.1 ±	15.8	36.0 ±	12.9	36.8 ±	14.2
基礎代謝量(kcal/24hr)	1272 ±	216	1249 ±	272	1252 ±	213	1271 ±	274
基礎代謝量(kcal/24hr/kg)	21.5 ±	2.5	21.2 ±	2.1	21.9 ±	2.3	22.0 ±	2.3
移動時間(分)	78.6 ±	4.1	59.8 ±	38.8	69.0 ±	30.3	100.6 ±	29.2
歩行時間(分)	7.7 ±	4.1	15.5 ±	1.6	20.3 ±	1.0	30.6 ±	5.7

#### D. 考察

栄養所要量における基礎代謝基準値の算定のために使用されている研究では、基礎代謝量の測定条件として、前日から宿泊して覚醒後に測定した研究と、測定日当日に移動して休憩の後測定したものが混在している。前日より宿泊しての基礎代謝量の測定は、測定前の条件を統一しやすいという利点がある反面、被検者への負担が大きいこと、なれない場所での睡眠になるといった欠点もある。多数の人の測定をする場合や、指導の現場などで個人の基礎代謝量を測定したい場合には、一定の条件のもとに当日、移動し、その後測定できることが望ましい。初年度には、研究所内に宿泊した条件で、覚醒後と、一定の条件の動作後の代謝量を測定し、移動後 30 分程度の横臥位休息の後の代謝量は、覚醒後 30 分そのまま休息した後の代謝量と差がないことを報告した。本年度は、各自が自宅から移動した後に 30 分の横臥位休息をとってから代謝量を測定した場合の移動時間やそのうちの歩行時間と代謝量の関係を検討した。その結果、代謝量と移動時間、歩行時間との間には一定の関係はみとめられなかった。

基礎代謝の測定条件に関する研究では

Kashiwazaki らは、起床後 10 分と、10 分の歩行後 15 分の横臥位休息の後 10 分ごとに代謝量を測定し、歩行後の代謝量は歩行後 55 分の休息後も起床後 10 分の代謝量と有意に異なっていることを報告している。Berke et al も、高齢者を対象に研究し、当日、移動してから 30 分の休息の後に測定した代謝量が前日より宿泊して測定した代謝量より高いことを報告している。一方で、Turley et al は、クリニックに宿泊した場合と朝に自宅から車で移動してきた場合の安静時代謝量を測定し、それらに差がないことを報告している。Turley et al と Berke et al の結果の違いは、前日から宿泊した場合の代謝量の測定条件と当日の移動方法の違いと考えられる。Turley et al は 5:30~7:30 の間に起床の後、測定室まで 50m の移動をした後に測定を行っている。一方、Berke et al は 5:00 に起床後、排尿し寝ていた時と同じベッドで測定している。Kashiwazaki らによれば、起床後 10 分と 20 分の代謝量は有意に異なり、前日から宿泊したとしても覚醒した後の代謝量は時間とともに変化していると予測できる。基礎代謝量として最低限の必要エネルギー量を測定しようとした場合、覚醒後、すぐの方が良いとも考え

られる。Schutz(1984)は基礎代謝の測定条件について、awake という言葉を使っているが、awake を覚醒直後とするのか、完全に覚醒するように目覚めた後、しばらくたってからとするのかにも大きく影響されると考えられる。基礎代謝量は、測定条件の影響を大きく受けている。また、活動量の指標となる PAL (physical activity level) の計算では基礎代謝量の違いが大きく影響する。そのため、基礎代謝の測定においては、十分に検証された条件で測定することが重要である。

#### (引用文献)

- Kshiwazaki K, Watanabe S, Suzuki T. Does BMR represent BMR?: overestimation in the BMR standard. Nutrition Research 6: 1013-1021, 2986.
- Turley KR, McBride PJ, Wilmore JH. Resting metabolic rate measured after subjects spent the night at home vs at a clinic. Am J Clin Nutr 58: 141-144, 1993.
- Berke EM, Gardner AW, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate and the influence of the pretesting environment. Am J Clin Nutr 55:626-629, 1992.
- Schutz Y. Glossary of energy terms and factors used for calculations of energy metabolism in human studies. In Report of an EC workshop. pp169-181, 1984.

#### E. 結論

基礎代謝量の測定において、測定日当日に

測定場所に移動する場合、30 分間の横臥安静の後の基礎代謝量には、移動時間、歩行時間の違いによる影響はみられなかった。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
なし

## ヒューマンカロリメーターによる睡眠時代謝量の実測値と 基礎代謝基準値を用いた推定値

分担研究者	田中茂穂	独立行政法人国立健康・栄養研究所	栄養所要量研究部	室長
	岡 純	〃	応用栄養学研究部	部長代理
研究協力者	山村千晶	〃	栄養所要量研究部	流動研究員
	二見 順	東日本国際大学	経済学部	助教授
	高田和子	独立行政法人国立健康・栄養研究所	健康増進研究部	主任研究員
主任研究者	柏崎 浩	〃	栄養所要量研究部	部長

栄養所要量において、睡眠時間中のエネルギー消費量（Sleeping Metabolic Rate: SMR）は基礎代謝量（BMR）と同等と考えられている。しかし、日本人について全睡眠時間におけるエネルギー消費量を BMR と比較した研究はない。そこで、ヒューマンカロリメーターで測定した 8 時間の SMR と BMR を比較した。対象は、成人男女 41 名であった。1 日目と 2 日目の SMR の差は小さく、高い再現性が確認された。就寝後、エネルギー消費量は減少する傾向がみられた。SMR の平均値は実測あるいは推定 BMR の平均値とほぼ一致した。したがって、要因加算法において睡眠時の代謝量を BMR と等しいとするのは妥当と考えられる。ただし、SMR/BMR 比に個人間の変動が観察され、特に BMR の推定値を用いると変動が大きかった。

### A. 研究目的

FAO/WHO/UNU や日本人の栄養所要量において、睡眠時間中のエネルギー消費量（Sleeping Metabolic Rate: SMR）は基礎代謝量（BMR）と同等と考えられている。しかし、マスクを装着して長時間の睡眠時間中の代謝量を測定するのは侵襲性が大きく、これまで日本では、長時間にわたる自然な睡眠における SMR が得られていない。ヒューマンカロリメーターでは、マスクを装着することなく、長時間のエネルギー消費量

を連続して測定することが可能である。そこで本研究では、ヒューマンカロリメーターを用いて睡眠中のエネルギー消費量を測定し、再現性や BMR との関係を検討した。

### B. 研究方法

#### ① 対象者

被験者は、健康な日本人成人男子 21 名、女子 20 名であった。

#### ② 測定項目及び方法

国立健康・栄養研究所に設置されたヒュ

ーマンカロリメーターは2つあり、それぞれ約20m<sup>3</sup>および約15m<sup>3</sup>の測定室と、空気の入出力(約150L/分)を調節する管やポンプ、ガス濃度・流量等の分析装置などからなる。室内は温度25°C、湿度55%を維持するように設定した。

被験者は、18時にヒューマンカロリメーターへ入室し、37時間連続して滞在した。23時に就寝、7時に起床とし、その間の平均エネルギー消費量をSMR(kcal/day)とした。また、1日3回の食事(18:30, 8:00, 12:00, 19:00)、自転車こぎ運動と立位(ともに各15分×4回)、踏み台昇降(15分×1回)については決まった時間に行うようにし、それ以外は自由時間とした。

SMRは、ヒューマンカロリメーターにおいて、質量分析計(ARCO SYSTEMS, ARCO-1000)で毎分測定したチャンバー内の酸素濃度、二酸化炭素濃度および換気量などから算出した。6時間のエタノール燃焼試験による酸素消費量と二酸化炭素産生量の推定精度は、エタノールの重量から求めた理論値と比較して、酸素消費量で101.0±2.0%(平均±標準偏差)、二酸化炭素産生量で100.6±1.7%であった(二見、投稿中)。

BMRは、早朝空腹時に仰臥安静・覚醒状態で、マスクを用いて実測した。ヒューマンカロリメーター入室翌々日の朝7時に目覚めた後、7時20分にマスクを装着し、7時35分より、ダグラスバックを用いて呼気を10分間ずつ2回採集した。採集した呼気は、質量分析計(ARCO SYSTEMS, ARCO-1000)を用いて酸素濃度と二酸化炭

素濃度を分析した。呼気量は乾式ガスメーター(SHINAGAWA W-NK-5A)を用いて測定した。また、「第六次改定日本人の栄養所要量 食事摂取基準」に記載されている基礎代謝基準値を用いて推定した。

形態に関しては、身長、体重を測定した。各測定項目間の関係は、ピアソンの単相関係数および単回帰分析によって評価した。

(倫理面への配慮)

本研究は、独立行政法人 国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」の許可を得て実施した。測定にあたって、対象者に測定の目的、利益、不利益、危険性、データの管理や公表について説明を行い、書面にて同意を得た。データは厳重に管理し、外部に流出することがないようにした。測定に伴う危険性はない。

### C. 研究結果

1日目と2日目のSMRの差は小さく(1404 ± 258 kcal/day vs. 1389 ± 257 kcal/day)、高い再現性が確認された(図1)。そこで、以後の分析では、1日目のSMRのみを扱った。

表に、被験者の身体的特徴、およびBMRやSMRの値を示した。SMRは、平均すると、BMRの実測値や推定値とほぼ一致した(図2)。ただし、BMRとSMR/BMRとの間には有意な負の相関がみられた( $r = -0.54$ )。SMRと実測BMRの差は28 ± 109 kcal/day (-248 ~ 227 kcal/day)、推定BMRとの差は-27 ± 154 kcal/day (-413 ~ 281 kcal/day)であった。

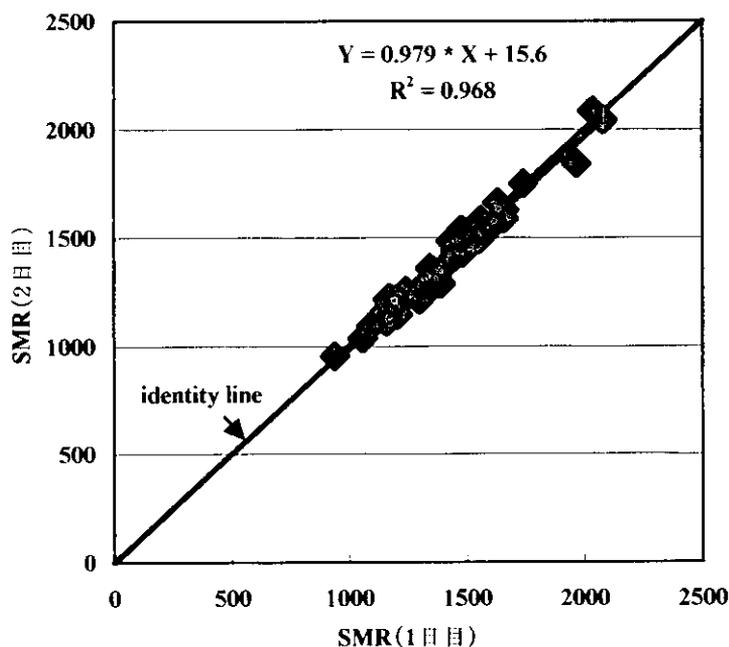


図 1. 1 日目と 2 日目の SMR の関係.

表. 被験者の身体的特徴とエネルギー消費量.

変数	男 性	女 性
年齢 (歳)	29.6 ± 11.1	32.1 ± 10.2
体重 (kg)	70.5 ± 12.6	53.2 ± 6.1
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.3 ± 3.0	20.8 ± 1.9
実測 BMR (kcal/day)	1586 ± 257	1155 ± 123
推定 BMR (kcal/day)	1649 ± 261	1203 ± 145
SMR (kcal/day)	1596 ± 206	1201 ± 108
SMR/BMR(実測値)	1.013 ± 0.078	1.045 ± 0.077
SMR/BMR(推定値)	0.978 ± 0.109	1.008 ± 0.114

数値は、平均±標準偏差.

SMR の平均値は実測あるいは推定 BMR の平均値とほぼ一致したが、SMR/BMR 比に個人間の変動が観察され、特に BMR の推定値を用いると変動が大きかった。図 3 では、就寝後 1 時間毎におけるエネルギー消

費量を、現在の基礎代謝基準値から推定した BMR で除した値の平均と標準偏差で表してある。時間とともに SMR は減少する傾向がみられた。