

accelerometry and respiratory chamber. RACMEM 2011 Recent Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism, Maastricht University (Maastricht), 2011

田中茂穂, 日本人の身体活動量の現状 ランチョンセミナー5 健康づくり施策の普及・啓発活動, 第66回日本体力医学会, 2011
田中茂穂, 高齢者のエネルギー出納状態 ワークショップ: 日本抗加齢医学栄養運動療法ガイドラインの策定に向けて, 第11回日本抗加齢医学会総会, 2011

田中茂穂, 身体活動量と肥満予防・解消 イブニングセミナー ヒトを対象としたエネルギー代謝測定の実際と肥満研究へのアプローチ, 第32回日本肥満学会, 2011

田中茂穂, 「エネルギー消費量の構成成分と肥満」 シンポジウムII 「職域における生活習慣病予防・改善と運動療法」, 第46回日本成人病(生活習慣病)学会学術集会, 2012

三宅理江子、大河原一憲、高田和子、森田明美、田中茂穂, 糖尿病患者における基礎代謝量, 第58回日本栄養改善学会学術総会, 2011

三宅理江子、井上茂、石橋弘子、赤木達規、高田和子、田中茂穂, 加速度計の装着/非装着の判定法, 第66回日本体力医学会大会, 2011

古泉佳代、高田和子、田中茂穂、金子佳代子, 中学生の身体活動レベルと日常生活における生活活動との関連, 第66回日本体力医学会大会, 2011

引原有輝 「スポーツ科学・健康医科学分野における二重標識水法の活用ー国内外の研究事例の紹介ー」、ワークショップ 1、ヒトを対象と

した身体活動量・エネルギー消費量に関する最新研究を求めてープレスバイプレス法、ヒューマンカロリメータ、二重標識水法、加速度計で何ができるか?ー、第66回日本体力医学会(山口大会)

伊藤千夏、金子佳代子、高田和子、古泉佳代、渡邊桜子、梅田有希子. 小・中・高校生の基礎代謝量、基礎代謝基準値の検討 第65回日本栄養・食糧学会、東京、2011.

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

肥満者における基礎代謝量推定式の妥当性

研究代表者 田中 茂穂 （独）国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム
エネルギー代謝プロジェクトリーダー
研究協力者 三宅 理江子 // 技術補助員
研究協力者 高田 和子 // 上級研究員

肥満者においては、一般に非肥満者より基礎代謝量の推定誤差が大きいことが欧米で報告されているが、日本人の場合、肥満者における推定式の誤差がどの程度あるのかほとんど検討されていない。

そこで、BMI25以上の日本人肥満男女34名を対象に、年齢別、体格別に既存の基礎代謝量推定式の妥当性について検討した。基礎代謝量の推定には、基礎代謝基準値（日本人の食事摂取基準[2010年版]）、国立健康・栄養研究所の式（Ganpule et al., 2007）、Harris-Benedict式、Schofield式を用いた。ダグラスバッグにより実測した値を実測値とし、4つの推定式から得られた結果と比較した。

基礎代謝量の実測値は、男性 1698 ± 212 kcal/day、女性 1463 ± 172 kcal/day だった。実測値と推定値で対応のある t 検定を行ったところ、男性では国立健康・栄養研究所の式、女性では Harris-Benedict 式と Schofield 式において有意な差が認められなかった。実測値と推定値の差を評価するために平均誤差平方和の平方根（Total Error (TE)）を用いた。TE が最も小さかったのは、男性は国立健康・栄養研究所の式（165 kcal/day）、女性は Harris-Benedict 式（95 kcal/day）だった。

今回対象とした肥満者において、特に男性では、国立健康・栄養研究所の式を用いた場合の誤差が小さく、系統誤差もほとんど見られなかった。

A. 研究目的

エネルギー消費量の中でも約 60%を占める基礎代謝量を知ることは、エネルギー必要量を設定する上で重要なことであるが、マスクを装着することにより普段の生活が制限され

たり、測定を行う人材や時間の確保が難しいなど、日常生活において正確な測定を行うことは難しい。そこで、基礎代謝量を測定する代わりに、推定式から基礎代謝量を算出する方法が一般的に用いられている。

推定式には、日本人を対象に作成された基礎代謝基準値や国立健康・栄養研究所の式、国際的に広く使用されている Harris-Benedict 式になどがある。肥満者においては、一般に非肥満者より基礎代謝量の推定誤差が大きいことが欧米で報告されているが、日本人の肥満者における推定式の誤差がどの程度あるのかほとんど検討されていない。そこで、肥満者における基礎代謝量推定式の妥当性について検討した。

B. 研究方法

1. 被験者

被験者は、佐久肥満克服プロジェクトに参加した男性 17 名 (52±3 歳、BMI30.5±3.1 kg/m²)、女性 17 名 (54±3 歳、BMI 31.9±3.4 kg/m²) だった。

2. 測定手順

基礎代謝量の測定はダグラスバッグ法を用いた。測定日の前日には激しい運動を避け、測定の前約 12 時間前までに通常の夕食を摂ってもらった。測定当日には朝食を食べずに測定場所に来てもらい、およそ 25°C の室温で、覚醒・仰臥安静状態においてマスクを装着して呼気ガスの採集を行った。呼気ガスの採集は、安静仰臥位を 30 分以上保った後、ダグラスバッグに呼気を 10 分間ずつ 2 回採集した。呼気はガスメーター (DC-5C、品川製作所) にて換気量を測定し、呼気ガス濃度分析計 (AR-1、アルコシステム社製) を用いて酸素および二酸化炭素の濃度を分析した。測定値は 2 回の平均値とし、Weir の式 (1949) を用いて基礎代謝量を算出した。

基礎代謝量の推定には、基礎代謝基準値 (日本人の食事摂取基準 [2010 年版])、国立健康・栄養研究所の式 (Ganpule et al., 2007)、Harris-Benedict 式、Schofield 式 を用いた

(表 1)。4 つの推定式から得られた推定値と実測値を比較した。

実測値と推定値の差を評価するために平均誤差平方和の平方根 (Total Error (TE) : $\sqrt{(\sum (\text{推定値} - \text{実測値})^2 / \text{被験者数})}$) を求めた。

3. 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「研究倫理審査委員会 (疫学研究部会)」と佐久総合病院の倫理委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言の精神に則り実施した。測定に当たって、被験者に測定目的、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、書面による同意を得た。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

本研究で対象とした被験者の特徴を表 2 に示した。男女間で身長、体重、体脂肪率には有意な差が見られたが、年齢と BMI は有意な差が見られなかった。

基礎代謝量の実測値は、男性 1698±212 kcal/day、女性 1463±172 kcal/day だった。実測値と推定値で対応のある t 検定を行ったところ、男性では国立健康・栄養研究所の式、女性では Harris-Benedict 式と Schofield 式において有意な差が認められなかった。

TE が最も小さかったのは、男性は国立健康・栄養研究所の式 (165 kcal/day)、女性は Harris-Benedict 式 (95 kcal/day) だった。

基礎代謝基準値は、男女とも平均 200 kcal/day 程度過大評価しており、体重が大きいほど過大評価した。国立健康・栄

養研究所の式を用いると、男性の平均的な誤差は最も小さく、 23 ± 168 kcal/day だった。女性においては -67 ± 91 kcal/day だった。男女とも体重による系統的な誤差は見られなかったが、女性は全体的に過小評価した。男性の Harris-Benedict 式は平均 100 kcal/day 程度過大評価し、Schofield 式は平均 200 kcal/day 程度過大評価していたが、どちらの推定式を用いた場合も体重による系統的な誤差は見られなかった。女性において、国際的に使用されている Harris-Benedict 式と Schofield 式を用いた場合の推定誤差の平均値は、日本人を対象に作成された基礎代謝基準値や国立健康・栄養研究所の式よりも小さかった。

D. 考察

基礎代謝基準値は、健康な日本人において体重が大きくなるほど過大評価すると報告されており、今回の被験者においても体重が大きくなるほど過大評価された。今回の被験者は平均的な BMI が 30 以上であり、標準的な体格よりも大きいため、男女とも平均的に 200 kcal/day 以上も過大評価したと考えられた。

国立健康・栄養研究所の式は、男性では平均的な誤差が他の推定式よりも小さく、TE も最も小さかった。男性の肥満者においては、国立健康・栄養研究所の式は、基礎代謝量の推定に有用な式であることが示唆された。

Harris-Benedict 式は、男女とも平均的な誤差は 100 kcal/day 以下で、特に女性においては、平均的な誤差が最も小さく、TE も最も小さかったので、女性の肥満者における基礎代謝

量の推定に有用であることが示唆された。

Schofield 式は、男性で平均的な誤差が 200 kcal/day 以上と大きかったが、女性では平均的な誤差が小さく、男女で異なる結果が得られた。

E. 結論

基礎代謝量の実測値と既存の 4 つの推定式を比較したところ、今回対象とした肥満者において、特に男性では、国立健康・栄養研究所の式を用いた場合の誤差が小さく、系統誤差もほとんど見られなかった。女性においては、日本人を対象に作成された推定式よりも、国際的に使用されている推定機の誤差が小さかった。

F. 研究発表

1. 論文発表

田中茂穂. エネルギー消費量とその測定法特集：必要エネルギー量の算出法と投与の実際. 静脈経腸栄養: 24(5): 1013-1019, 2009.

2. 学会発表

なし

G. 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

表 1 基礎代謝量の推定式

推定式 (kcal/day)		
基礎代謝基準値	男性	$21.5 \times W$
(日本人の食事摂取基準[2010年版])	女性	$20.7 \times W$
国立健康・栄養研究所の式	男性	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times Y - 0.4235) \times 1000 / 4.186$
	女性	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times Y - 0.9708) \times 1000 / 4.186$
Harris-Benedict 式	男性	$66.47 + 13.75 \times W + 5.00 \times H - 6.78 \times Y$
	女性	$655.1 + 9.563 \times W + 1.85 \times H - 4.676 \times Y$
Schofield 式	男性	$(0.048 \times W + 3.653) \times 1000 / 4.186$
	女性	$(0.034 \times W + 3.538) \times 1000 / 4.186$

W:体重 (kg)、H:身長 (cm)、Y:年齢 (歳)

表 2 被験者の身体的特徴

	男性 (N=17)			女性 (N=17)			P 値
	Mean	±	SD	Mean	±	SD	
年齢(歳)	52	±	3	54	±	3	0.053
身長(cm)	171.3	±	4.6	158.3	±	5.2	<0.001
体重(kg)	89.5	±	9.4	80.2	±	10.6	0.011
BMI(kg/m ²)	30.5	±	3.1	31.9	±	3.4	0.204
体脂肪率(%)	30.3	±	5.6	42.7	±	6.3	<0.001

p 値:男性 vs 女性(対応のない t 検定)

表 3 実測値と推定値の比較

	Mean	±	SD	Mean difference	±	SD	p	TE
男性								
実測値	1698	±	212					
基礎代謝基準値 (日本人の食事摂取基準[2010年版])	1924	±	201	226	±	168	<0.001	279
国立健康・栄養研究所の式	1722	±	122	23	±	168	0.573	165
Harris-Benedict 式	1792	±	144	94	±	172	0.039	191
Schofield 式	1899	±	107	201	±	161	0.009	254
女性								
実測値	1463	±	172					
基礎代謝基準値 (日本人の食事摂取基準[2010年版])	1660	±	220	197	±	113	<0.001	226
国立健康・栄養研究所の式	1395	±	144	-67	±	91	0.008	111
Harris-Benedict 式	1464	±	113	2	±	98	0.940	95
Schofield 式	1497	±	86	35	±	107	0.201	110

単位:kcal/day

Mean difference: 推定値-実測値

p: 実測値 vs 推定値 (対応のある t 検定)

TE: $\sqrt{\sum (\text{推定値} - \text{実測値})^2 / \text{被験者数}}$

分担研究報告書

日本人糖尿病患者における基礎代謝量推定式の妥当性

研究代表者	田中 茂穂	(独) 国立健康・栄養研究所	健康増進プログラム エネルギー代謝プロジェクトリーダー
研究分担者	高田 和子	//	エネルギー代謝プロジェクト 上級研究員
研究協力者	三宅 理江子	//	// 技術補助員
	大河原 一憲	//	// 流動研究員

肥満者においては、一般に非肥満者より基礎代謝量の推定誤差が大きいことが欧米で報告されているが、日本人の場合、糖尿病の肥満者における推定式の誤差がどの程度あるのかほとんど検討されていない。

そこで、BMI25以上の日本人男女31名を対象に、non-diabetes、pre-diabetes、diabetesの3群に分け、既存の基礎代謝量推定式の妥当性について検討した。基礎代謝量の推定には、国立健康・栄養研究所の式（Ganpule et al., 2007）、基礎代謝基準値（日本人の食事摂取基準[2010年版]）、Harris-Benedict式、Schofield式、Owen式、Mifflin式を用いた。ダグラスバッグにより実測した値を実測値とし、6つの推定式から得られた結果と比較した。

基礎代謝量の実測値は、non-diabetesは 1523 ± 212 kcal/d、pre-diabetesは 1481 ± 169 kcal/d、diabetesは 1732 ± 216 kcal/dだった。基礎代謝量の実測値と既存の6つの推定式を比較したところ、non-diabetesとpre-diabetesは基礎代謝基準値とSchofield式、diabetesは国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin式に有意な差が見られた。また、糖尿病の有無による3群間で誤差の検討を行ったところ、有意な差は見られなかったが、国立健康・栄養研究所の式はnon-diabetesとdiabetesの間に有意な差がある傾向が見られた（ $p = 0.057$ ）。

以上より、糖尿病患者においては、基礎代謝量の推定に配慮が必要であると考えられた。

A. 研究目的

エネルギー消費量の中でも約60%を占める基礎代謝量を知ることは、エネルギー必要量を設定する上で重要なことであるが、マスクを装着することにより普段の生活が制限され

たり、測定を行う人材や時間の確保が難しいなど、日常生活において正確な測定を行うことは難しい。そこで、基礎代謝量を測定する代わりに、推定式から基礎代謝量を算出する方法が一般的に用いられている。

推定式には、日本人を対象に作成された基礎代謝基準値や国立健康・栄養研究所の式、国際的に広く使用されているHarris-Benedict式などがある。肥満者においては、一般に非肥満者より基礎代謝量の推定誤差が大きいことが欧米で報告されているが、日本人の糖尿病をもつ肥満者において推定式の誤差がどの程度あるのか検討されていない。そこで、糖尿病の患者における基礎代謝量推定式の妥当性について検討した。

B. 研究方法

1. 被験者

被験者は、佐久肥満克服プロジェクトに参加した日本人男女31名だった。被験者は「糖尿病の分類と診断基準に関する委員会報告」(2010)の分類に従い、non-diabetes(11名)、pre-diabetes(8名)、diabetes(12名)の3群に分けた。対象者の身体的特徴は表1に示した。

2. 測定手順

基礎代謝量の測定はダグラスバッグ法を用いた。測定日の前日には激しい運動を避け、測定の約12時間前までに通常の夕食を摂ってもらった。測定当日には朝食を食わずに測定場所に来てもらい、およそ25℃の室温で、覚醒・仰臥安静状態においてマスクを装着して呼気ガスの採集を行った。呼気ガスの採集は、安静仰臥位を30分以上保った後、ダグラスバッグに呼気を10分間ずつ2回採集した。呼気はガスメーター(DC-5C、品川製作所)にて換気量を測定し、質量分析計(AR-1、アルコシステム社製)を用いて酸素および二酸化炭素の濃度を分析した。測定値は2回の平均値とし、Weirの式(1949)を用いて基礎代謝量を算出した。

基礎代謝量の推定には、国立健康・栄養研究所の式(Ganpule et al., 2007)、基礎代謝基準値(日本人の食事摂取基準[2010年版])、Harris-Benedict式、Schofield式、Owen式、Mifflin式を用いた(表2)。身体計測値、ダグラスバッグによる実測値、推定値から実測値を引いた誤差の比較には、一元配置分散分析とBonferroniの多重比較を用いた。実測値と6つの推定値の比較には反復測定の一元配置分散分析とDunnnettの多重比較を用いた。統計解析にはSPSS ver18.0を使用し、統計学的有意差は $p < 0.05$ を持って判定した。

3. 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「研究倫理審査委員会-疫学研究部会」の承認を得て、ヘルシンキ宣言の精神に則り実施した。測定に当たって、被験者に測定の目的、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、書面による同意を得た。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

基礎代謝量の実測値は、non-diabetesは 1523 ± 212 kcal/d、pre-diabetesは 1481 ± 169 kcal/d、diabetesは 1732 ± 216 kcal/dだった。実測値を3群間で比較したところ、pre-diabetesとdiabetesの間に有意な差がみられた。また、実測値と推定値の比較を行ったところ、non-diabetesとpre-diabetesは基礎代謝基準値とSchofield式、diabetesは国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin式に有意な差が見られた。推定値から実測値を引いた誤差を推定式毎に3群間で比較を行ったところ、どの推定式にお

いても3群間で有意な差は見られなかったが、国立健康・栄養研究所の式は non-diabetes と diabetes の間に有意な差がある傾向が見られた ($p=0.057$)。

D. 考察

今回の対象者とした肥満者において、基礎代謝量の実測値と既存の6つの推定式を比較したところ、non-diabetes と pre-diabetes は基礎代謝基準値と Schofield 式、diabetes は国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin 式に有意な差が見られた。

Harris-Benedict 式と Owen 式を用いた場合、どの群でも実測値と推定値に有意な差はみられず、どの群においても誤差は同程度だった。

国立健康・栄養研究所の式と Mifflin 式を用いると non-diabetes と pre-diabetes は実測値との誤差はほとんど見られなかったが、diabetes は平均的に 120 kcal/d 程度過小評価され、糖尿病の有無により誤差の程度が異なった。糖尿病患者に国立健康・栄養研究所の式や Mifflin 式を用いる場合は、補正をする必要があることが示唆された。

基礎代謝基準値は、糖尿病の有無に関わらず実測値との誤差が大きかった。特に non-diabetes と pre-diabetes においては 240 kcal/d 程度過大評価した。基礎代謝基準値は、健康な日本人においても過大評価すると報告されており (Miyake et al., in press)、今回の被験者は平均的な BMI が 30 以上であり、標準的な体格よりも大きいため、男女とも大きく過大評価したと考えられた。

Harris-Benedict 式は、どの群においても平均的な誤差は 100 kcal/d 以下だった。

E. 結論

今回対象とした肥満者において、基礎代謝量の実測値と既存の6つの推定式を比較したところ、non-diabetes と pre-diabetes は基礎代謝基準値と Schofield 式、diabetes は国立健康・栄養研究所の式、基礎代謝基準値、Mifflin 式に有意な差が見られた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

田中茂穂. 糖尿病患者のエネルギー代謝と身体活動. 内分泌・糖尿病・代謝内科: 31(5): 408-414, 2010.

田中茂穂. 基礎代謝・NEAT と身体活動. 臨床スポーツ医学: 28(3): 259-266, 2011.

Miyake R, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Hikihara Y, Taguri E, Kayashita J, Tabata I. Validity of predictive equations for basal metabolic rate in Japanese adults. J Nutr Sci Vitaminol, (in print).

2. 学会発表

三宅理江子、大河原一憲、高田和子、森田明美、渡邊昌、池本真二、田中茂穂. 肥満者における基礎代謝量推定式の妥当性. 第64回日本栄養・食糧学会大会、徳島、2010.5.

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1 被験者の身体的特徴

	Non-Diabetes (n = 11)		Pre-Diabetes (n = 8)		Diabetes (n = 12)		ANOVA p value
	平均 ± 標準偏差	範囲	平均 ± 標準偏差	範囲	平均 ± 標準偏差	範囲	
男性/女性	5/6		3/5		8/4		
年齢 (y)	54 ± 3	51 - 59	53 ± 3	50 - 57	53 ± 3	50 - 59	0.987
身長 (cm)	165.3 ± 9.5	151.5 - 179.2	161.5 ± 8.1	152.0 - 174.0	166.4 ± 8.1	152.8 - 176.6	0.874
体重 (kg)	83.7 ± 11.0	69.3 - 109.7	81.9 ± 10.0	67.0 - 97.7	88.0 ± 12.8	70.2 - 116.5	0.693
Body mass index (kg/m ²)	30.7 ± 3.5	27.7 - 40.0	31.4 ± 3.4	27.9 - 38.0	31.7 ± 3.5	28.1 - 39.2	0.851
体脂肪率 (%)	36.3 ± 11.2	24.0 - 62.5	37.1 ± 8.6	23.4 - 45.6	36.0 ± 6.6	24.0 - 46.0	0.473

表 2 基礎代謝量の推定式

推定式 (kcal/d)	男性		女性	
	国立健康・栄養研究所の式	$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.4235) \times 1000 / 4.186$		$(0.0481 \times W + 0.0234 \times H - 0.0138 \times A - 0.9708) \times 1000 / 4.186$
基礎代謝基準値	21.5 × W		20.7 × W	
Harris-Benedict	66.4730 + 13.7516 × W + 5.0033 × H - 6.7550 × A		655.0955 + 9.5634 × W + 1.8496 × H - 4.6756 × A	
Schofield	$(0.048 \times W + 3.653) \times 1000 / 4.186$		$(0.034 \times W + 3.538) \times 1000 / 4.186$	
Owen	879 + (10.20 × W)		795 + (7.18 × W)	
Mifflin	5 + (9.99 × W) + (6.25 × H) - (4.92 × A)		-161 + (9.99 × W) + (6.25 × H) - (4.92 × A)	

W: 体重 (kg), H: 身長 (cm), A: 年齢 (y). 推定式は、50-59歳の式を用いた。

表3 実測値と推定値の比較

	平均 ± 標準偏差 (kcal/d)	差 ± 標準偏差 (kcal/d)	反復測定の一 元配置分散分析 <i>p</i> value	Dunnettによる 多重比較 <i>p</i> value	一元配置分散分析 <i>p</i> value
<i>Non-diabetes</i> (n = 11)					
実測値	1523 ± 212				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1536 ± 202	13 ± 120		0.998	0.036
基礎代謝基準値	1763 ± 236	240 ± 120		<0.001	0.145
Harris-Benedict	1602 ± 194	79 ± 138		0.098	0.132
Schofield	1667 ± 200	145 ± 149		<0.001	0.238
Owen	1551 ± 208	28 ± 162		0.903	0.284
Mifflin	1519 ± 209	-4 ± 133		1.000	0.066
<i>Pre-diabetes</i> (n = 8)					
実測値	1481 ± 169				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1486 ± 203	4 ± 142		1.000	
基礎代謝基準値	1721 ± 224	239 ± 123		<0.001	
Harris-Benedict	1567 ± 200	86 ± 152		0.118	
Schofield	1630 ± 212	149 ± 176		0.002	
Owen	1513 ± 219	32 ± 188		0.905	
Mifflin	1467 ± 216	-14 ± 161		0.998	
<i>Diabetes</i> (n = 12)					
実測値	1732 ± 216 ^a				
推定値			0.000		
国立健康・栄養研究所の式	1620 ± 236	-111 ± 103		<0.001	
基礎代謝基準値	1871 ± 297	139 ± 152		<0.001	
Harris-Benedict	1711 ± 254	-20 ± 114		0.892	
Schofield	1788 ± 262	56 ± 103		0.091	
Owen	1672 ± 262	-60 ± 103		0.061	
Mifflin	1606 ± 240	-126 ± 104		<0.001	

差: 推定値－実測値. a: $p < 0.05$ vs. pre-diabetes.

小・中・高校生の基礎代謝量、基礎代謝基準値の検討

研究分担者 金子佳代子 横浜国立大学

研究分担者 高田和子 (独) 国立健康・栄養研究所

研究協力者 古泉佳代 日本女子体育大学

わが国の小・中・高校生の年齢階級における基礎代謝量および基礎代謝基準値を算出するためのデータを得ることを目的として、小学生 70 名、中学生 80 名、高校生 71 名を対象として、フード法による基礎代謝量 (BMR) の測定および身体計測を実施した。

男女とも年齢が上がるとともに、BMR は増大し、体重 1 kg あたりの BMR は低減した。体重 1 kg あたりの BMR と体重または FFM との間には有意な相関が認められた。体重 1 kg あたりの BMR を基礎代謝基準値と比較すると、8-9 歳男女、10-11 歳女子において実測値の方が基準値より 5%以上高く、中学生および高校生女子では基準値と比べて実測値の方が 5%以上低い数値であったが、それ以外は実測値と基準値の差は±5%以内であった。

A. 研究目的

近年わが国では、大人も子どもも身体活動量が減少しており、肥満をはじめ高脂血症、虚血性心疾患、糖尿病、骨粗鬆症などの増大の要因と考えられている。子どものこころと身体の健康状態についてもさまざまな問題が指摘され、基礎的な体力の低下が懸念されている。子どもの生活に関する研究によると、屋外で活発に活動する時間よりも、屋内で過ごす時間の長いことが報告されており、個人差も大きいと考えられる。このような身体活動量の低下、消費エネルギー量減少の問題と食生活の問題とを総合的に把握して、心身の健康との関わりを明らかにすることが必要である。

成長期のエネルギー必要量については、日本人の食事摂取基準 (2005 年版、2010 年版)⁽¹⁾ では成長期の推定必要エネルギー (kcal/日) を、

基礎代謝量 (kcal/日) × 身体活動レベル + エネルギー蓄積量として算定している。身体活動レベル (physical activity level : PAL) は、1 日の総エネルギー消費量を 1 日当りの基礎代謝量で除した指数である。現時点で、日常生活を自由に営んでいる状態でのエネルギー消費量を最も正確に測定する方法は二重標識水 (doubly labeled water : DLW) 法である。しかし、日本人を対象として、成長期の 1 日エネルギー消費量を二重標識水法で測定したデータはないため、日本人の食事摂取基準では諸外国における研究報告の系統的レビューを行い、各年齢階級における PAL を推定している。2010 年版では、6 歳以降について PAL の個人差を考慮するために、成人と同じ 3 区分 (レベル I (低い)、レベル II (ふつう)、レベル III (高い)) とされた。今回初めて、学童期にもレベル I (低い) が設

定されたのであるが、これらの年代の PAL に関するわが国のデータはみられないことから、今後検討する必要があるとされている。

そこで、小・中・高校生の基礎代謝量および身体活動レベル (PAL) を正確に測定し、この年齢階級の推定エネルギー必要量 (Estimated Energy requirement: EER) 算出のための日本人のデータを得ることを目的として、小・中・高校生を対象とした測定実験を行った。本論文では、小・中・高校生の基礎代謝量測定結果について報告する。

B. 方法

1. 被験者

神奈川県内の小学校 3 校、中学校 1 校、高等学校 3 校において実施した。児童生徒および保護者に対して本研究の目的と内容について文書にて説明を行い、本人及び保護者から書面による同意の得られた者 (小学生 80 名、中学生 80 名、高校生 72 名) を対象として測定を行った。

2. 基礎代謝量 (Basal metabolic rate: BMR) の測定および身体計測

BMR の測定は、前日の夕食後 12 時間以上経過した朝空腹時に、仰臥安静・覚醒状態で、快適な室温 (20-25°C) を維持して行った。

測定は、2006~2008 年の 3 年間にわたり、各対象者の都合にあわせて 5 月から翌年 1 月に順次行い、学校の長期休暇、試験や学校行事により通常と身体活動の異なる期間は除いて実施した。

対象者は、測定初日の前日午後 8 時までに夕食を終了させ、当日は朝食を食べずに 8 時に登校し、身体計測を実施した後、30 分間仰臥位で安静をとり、体温と脈拍の測定により安静状態

を確認したうえで、フードを使用して 20 分間、BMR を測定した (AR-1、アルコシステム、千葉)。

BMR は、酸素消費量及び二酸化炭素排出量がほぼ定常状態になった 10~13 分の平均値から、STPD 換算した上で、Weir の式^④を用いて、1 日当たりのエネルギー量として求めた。なお、AR-1 によるフードでの測定精度については、熊江らにより誤差は最大でも 0.02% であることが報告されている⁽⁴⁾。

身体計測については、身長は身長計を用いて 0.1cm 単位で測定した。体重は、下着及び T シャツ・ハーフパンツの状態、0.1kg の電子体重計を用いて測定し、T シャツ・ハーフパンツの重量を差し引いた。皮下脂肪厚は、Holtain 式 skinfold caliper (GPM 製) を用いて、上腕前部、肩胛骨下部の 2 部位を測定した。それぞれの計測値は 0.1mm 単位で読み取り、3 回以上測定し、平均値を用いた。2 部位の皮下脂肪厚の合計値から長嶺の推定式^⑤により体密度を求め、Brozek らの式^⑥から体脂肪率 (%) を算出した。

体重と身長より Body Mass Index を算出し ($BMI = \text{体重 (kg)} / \text{身長 (m)}^2$)、体脂肪率と体重から Fat Free Mass (FFM = 体重 (kg) * {100 - 体脂肪率} / 100) を求めた。

3. 統計処理

対象者特性に関するデータは平均値±標準偏差で示した。統計解析は SPSS ver10.0 (SPSS Inc. USA) により行った。各年齢階級における男女間の比較には対応のない t 検定、年齢階級間の比較は一元配置分散分析により行い、post hoc test として Dunnett の T3 を使用した。体重 1 kg あたり基礎代謝量と体重、または FM との相関については Pearson の相関係

数を求めた。

4. 倫理面への配慮

本調査は、国立大学法人横浜国立大学の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。対象者・保護者には研究の目的と方法、危険性等をすべて説明し、書面にて同意を得た。解析時には、データはすべてID番号で管理し、個人情報報は別途、管理した。

C. 研究結果

表1に、調査対象者の身体計測結果をまとめた。基礎代謝測定中、安静状態を保てなかった者を除いた対象者は、小学生70名、中学生80名、高校生71名であった。安静状態を保てなかった者は、6-7歳の男子8名、女子2名が手足を動かさず等じっとしてられない状態、高校生男子1名はくしゃみ・鼻水が出る状態であったので除いた。

身長、体重、除脂肪量 (FFM) は、小学生では男女差がみられなかったが、中学生、高校生では有意な男女差が認められた。体脂肪率は、6-7歳、中学生、高校生において男女間に有意な差がみられた。

表2に基礎代謝量 (BMR) の測定結果をまとめた。BMRは、男女とも、年齢が上がるにつれて増大し、中学生および高校生では男女間に有意差が認められた。体重1kg当りのBMRは年齢が上がるにつれて低減し、中学生および高校生では男女間に有意な差がみられた(表2, 図1)。FFM1kg当りの基礎代謝量も年齢が上がるにつれて低減し、中学生において有意な男女差がみられた(表2, 図1)。

BMRと体重あるいはFFMとの間には有意な相関が認められ、回帰直線式は、BMR

(kcal/day) = 12.8 × 体重 (kg) + 742.4 (r=0.742)、BMR (kcal/day) = 16.9 × FFM (kg) + 701.7 (r=0.742) であった。また、図2に示すように、体重1kg当りのBMRと体重あるいはFFMの間には有意な負の相関が認められた。

体重1kg当りのBMRを現行の基礎代謝基準値^②と比較すると(図1、表3)、5%以上の差が認められたのは、8-9歳男女、10-11歳女子において実測値の方が高く、中学生および高校生女子では基準値と比べて実測値の方が上低い数値であった。これらのグループ以外は実測値と基準値の差は±5%以内であった。

D. 考察

一般に子どもは、RMR測定時に安静仰臥位を保つことが困難である。本研究においては、RMRを測定できた小学生の多くはその姿勢をとることができていた。しかし、心理的な緊張などによりわずかながらRMRを過大評価した可能性も考えられる。

基礎代謝量は身体組成と関連し、とくにFFMの影響は大きいと考えられる。本研究では皮脂肪厚法によりFFMを推定し、FFM1kg当たりのBMRを算出して検討を行ったが、今後さらに、身体組成等とBMRの関連性について詳しく検討する必要があると考えられる。

E. 結論

男女とも年齢が上がるとともに基礎代謝量 (BMR) は増大し、体重1kgあたりのBMRは低減した。BMRと体重あるいはFFMの間には有意な相関が認められた。体重1kgあたりのBMRを基礎代謝基準値と比較すると、8-9歳男女、10-11歳女子において実測値の方

が基準値より 5%以上高く、中学生および高校生女子では基準値と比べて実測値の方が 5%以上低い数値であったが、その他の群では実測値と基準値の差は±5%以内であった。

引用文献

- (1) 厚生労働省 (2004) 「日本人の食事摂取基準 (2005 年版)」
- (2) 厚生労働省 (2009) 「日本人の食事摂取基準 (2010 年版)」
- (3) Weir JBdV (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J. Physiol.* 109, 1-9.
- (4) 熊江隆, 伊藤千夏, 古泉佳代, 金子佳代子 (2009) 呼吸器モデルを用いた安静時代謝量測定におけるフード法の精度に関する検討. *体力・栄養・免疫学雑誌* 19(1), 32-41.
- (5) 長嶺晋吉 (1972) 皮下脂肪厚からの肥満の判定. *日本医師会雑誌*, 68, 919-924.
- (6) Brozek J., Grande F., Anderson J.T. and Keys A. (1963) Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140.

F. 健康危険情報

該当せず

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 伊藤千夏、金子佳代子、高田和子、古泉佳代、渡邊桜子、梅田有希子. 小・中・高校生の基礎代謝量、基礎代謝基準値の検討. 第 65 回日本栄養・食糧学会、2011、東京

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1. 対象者の身体特性

(男子)

	年齢(y)	人数	身長	体重	BMI	体脂肪率(%)	除脂肪量(kg)
小学生	6-7	6	119.6±4.3	22.6±3.8	15.7±1.9	18.6±1.3 *	18.6±2.4
	8-9	11	131.0±5.7	28.0±5.1	16.3±2.4	17.0±5.2	23.0±3.3
	10-11	20	142.3±6.6	36.3±9.0	17.7±3.1 *	19.0±8.7	28.5±4.4
中学生		41	163.1±8.9 *	52.3±9.7 *	19.6±2.9 *	16.1±3.9 *	43.3±7.3 *
高校生		35	170.0±5.1 *	59.7±8.3 *	20.7±3.0	13.9±6.1 *	47.6±5.4 *

(女子)

	年齢(y)	人数	身長	体重	BMI	体脂肪率(%)	除脂肪量(kg)
小学生	6-7	7	121.4±2.6	23.7±2.7	16.0±1.7	16.4±0.3 *	20.0±1.6
	8-9	14	131.0±7.0	25.7±3.7	15.0±1.5	17.3±2.5	22.3±2.7
	10-11	12	144.8±7.6	32.8±6.9	15.5±2.1 *	19.0±4.2	27.8±4.4
中学生		39	156.5±5.5 *	44.0±5.3 *	18.0±1.9 *	18.7±4.2 *	35.0±2.9 *
高校生		36	157.9±5.9 *	51.2±6.7 *	20.5±2.1	25.1±5.9 *	37.8±3.6 *

* 男女間に有意差有り (p<0.05)

表2. 一日当り基礎代謝量、体重1kg当り基礎代謝量、除脂肪量(FFM)1kg当り基礎代謝量

	年齢(y)	男子			女子		
		一日当り 基礎代謝量 (kcal/day)	体重1kg当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	FFM1kg当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	一日当り 基礎代謝量 (kcal/day)	体重1kg当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)	FFM1kg当り 基礎代謝量 (kcal/kg/day)
小学生	6-7	1043±102	46.6±3.9	57.3±5.3	1025±68	43.7±5.5	52.3±6.4
	8-9	1229±167	44.2±3.4	53.3±3.1	1122±132	43.9±3.8	53.1±3.9
	10-11	1296±184	36.6±5.0	45.3±4.2	1182±115	37.1±6.0	45.7±6.5
中学生		1539±207 *	29.5±2.5 *	35.5±2.6 *	1203±99 *	27.3±3.3 *	34.0±2.9 *
高校生		1546±196 *	26.1±3.0 *	30.3±3.1 *	1214±136 *	23.9±2.6 *	32.1±3.0 *

* 男女間に有意差有り (p<0.05)

表 3. 基礎代謝量基準値より算出した「一日当り基礎代謝量（推定値）と実測値の比較

性別	学校	年齢(y)	一日当り 基礎代謝量：実測値 (kcal/day)	一日当り 基礎代謝量：推定値 (kcal/day)	推定値／実測 値とのちがい	体重 1 kg 当り 基礎代謝量：実測値 (kcal/kg/day)	体重 1 kg 当り 基礎代謝量：推定値 (kcal/kg/day)	推定値／実測 値とのちがい
男	小学生	6-7	1043±102	1020	-6.0	46.6±3.9	44.3	-4.9
		8-9	1229±167	1140	-8.9	44.2±3.4	40.8	-7.7
		10-11	1296±184	1330	2.6	36.6±5.0	37.4	2.2
	中学生	12-14	1539±207	1550	-3.2	29.5±2.5	31.0	5.1
	高校生	15-17	1546±196	1570	2.2	26.1±3.0	27.0	3.4
女	小学生	6-7	1025±68	910	-10.2	43.7±5.5	41.9	-4.1
		8-9	1122±132	1040	-7.3	43.9±3.8	38.3	-12.8
		10-11	1182±115	1240	1.5	37.1±6.0	34.8	-6.2
	中学生	12-14	1203±99	1350	13.1	27.3±3.3	29.6	8.4
	高校生	15-17	1214±136	1270	5.4	23.9±2.6	25.3	5.9

推定値／実測値とのちがい = (推定値 - 実測値) / 実測値 (%)

図1. 体重1 kgあたりの基礎代謝量の分布

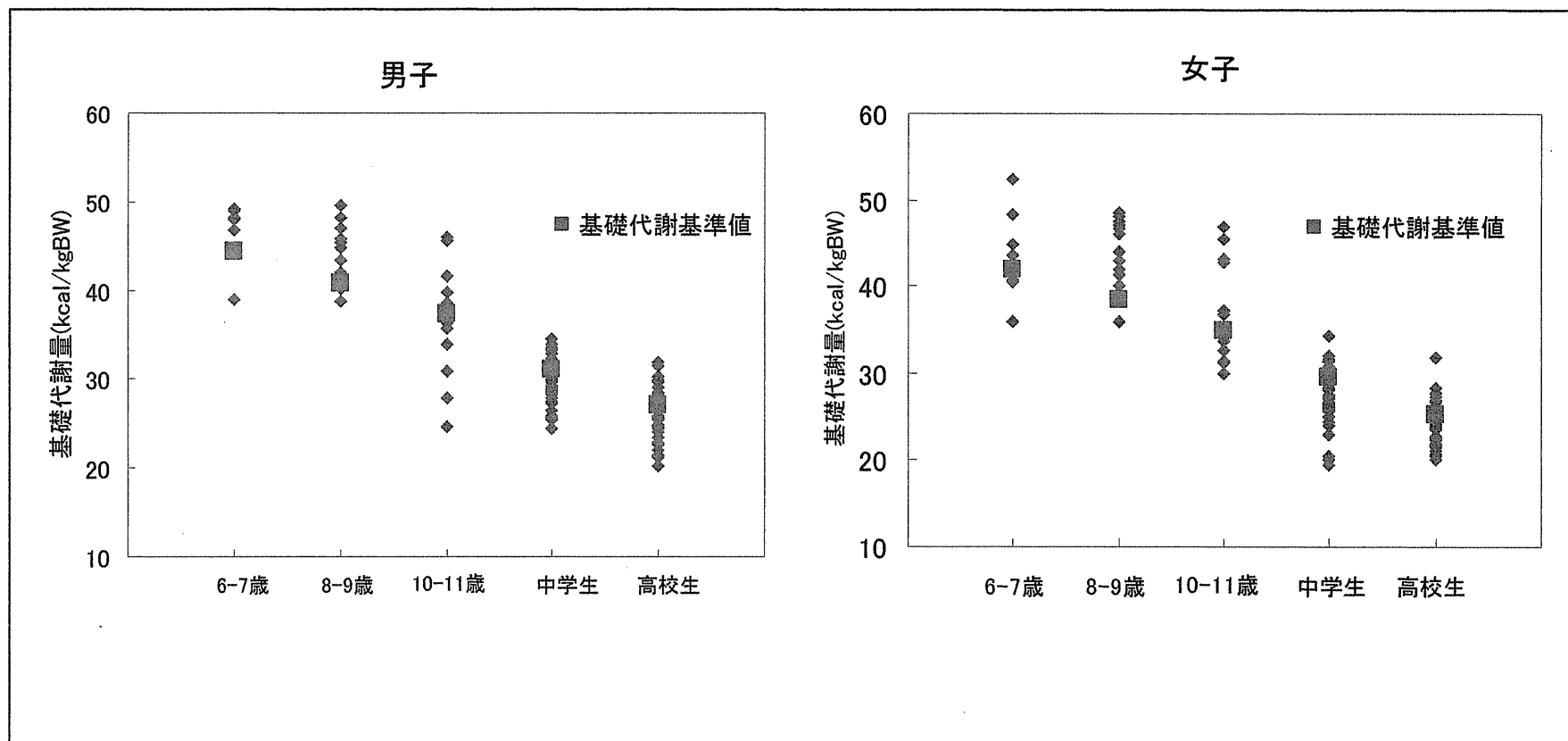


図2. 体重 1 kg あたりの基礎代謝量と体重、FFM との関連

