

FM の影響が無視できないものと考えられる。

基礎代謝基準値を定めるに当たり、一律に体重当たりの BMR で規定する現行の推定法は、実測の BMR の値と乖離している。基礎代謝基準値のように体重当たりの BMR を一律に決めるのではなく、多くの基礎代謝推定式のように推定式に切片を含める必要性、もしくは LBM を変数に含ませた推定式の策定の必要性が示唆される。かつて LBM は水中体重法で測定されていたため、評価が困難であるという問題があったが、近年ではインピーダンス式体脂肪計の発達により、簡易かつ比較的正確に LBM を測定できるようになってきている。

また、基礎代謝基準値は通常的生活活動を営む者が対象となっており、スポーツ選手のように著しく身体活動量の多い者は対象となっていない。今回の実測でもスポーツ選手は対象としていない。今後、スポーツ選手を含む様々な身体活動水準の対象者において基礎代謝量の測定を行い、体重、LBM 等との関係を分析する必要がある。LBM を変数に含んだ推定

式は、スポーツ選手を含む幅広い対象層においても適用できるかもしれない。

現時点では、一部の性・年代においてまだ十分な被験者数があるとはいえない。特に中高年男性の被験者数が他の性・年代と比較して不十分である。来年度は、中高年男性やスポーツ選手も含めて、さらに多くの対象者での測定データを収集し、測定値の信頼性を高めたい。

## F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
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 基礎代謝基準値と実測値との差

性別	年齢(歳)	基礎代謝基準値 (kcal/kg体重/日)	基礎代謝実測値 (kcal/kg体重/日)	測定人数	基準値との差
男性	18-29	24.0	23.8 ± 1.9	40	-0.2
	30-49	22.3	21.3 ± 2.3	31	-1.0
	50-69	21.5	20.6 ± 4.5	16	-0.9
	70-	21.5	20.4 ± 2.3	16	-1.1
女性	18-29	23.6	21.4 ± 2.0	94	-2.2
	30-49	21.7	20.0 ± 3.4	86	-1.7
	50-69	20.7	19.9 ± 2.6	103	-0.8
	70-	20.7	19.6 ± 2.2	33	-1.1

全ての性・年代において基準値よりも今回の実測値の方が低い値を示した。特に18-49歳までの青年・中年女性でその傾向が顕著である。

基準値との差 (kcal/kg 体重/日) = 基礎代謝実測値 (kcal/kg 体重/日) - 基礎代謝基準値 (kcal/kg 体重/日)

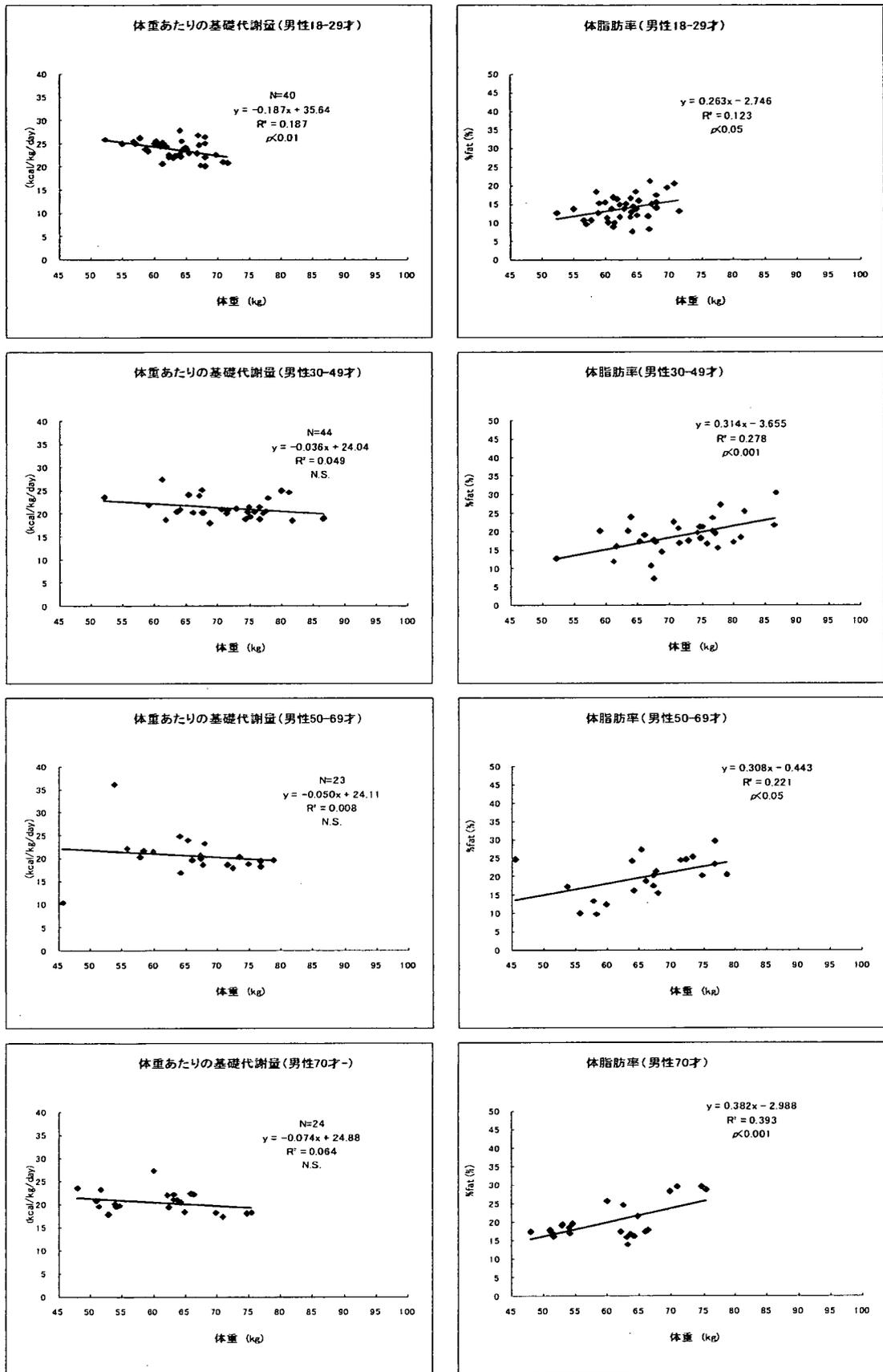


図1. 男性の各年代の体重と体重当たりのBMRとの関係(左)と、体脂肪率と体重との関係

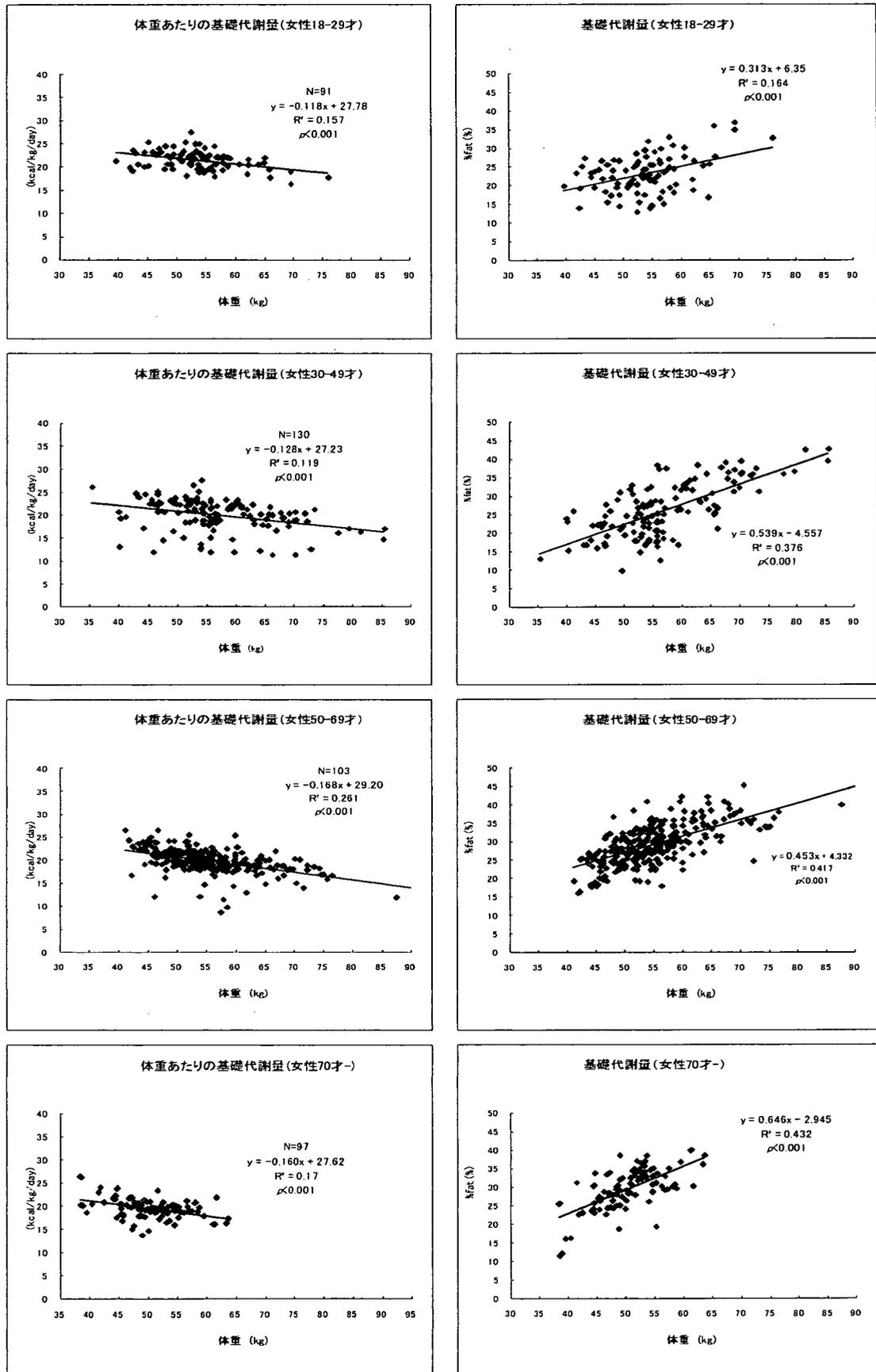


図2. 女性の各年代の体重と体重当たりのBMRとの関係(左)と、体脂肪率と体重との関係

## 身体活動強度の指標における体格補正法

主任研究者	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	田栗 恵美子	〃 研修生
	高田 和子	〃 上級研究員
	大河原 一憲	〃 流動研究員
	引原 有輝	〃 特別研究員

本研究では、身体活動時のエネルギー消費量（EE）を体格で補正し活動強度を評価する方法（活動強度指標）が、様々な体格を有する対象者の、日常生活における各種活動の強度を等しく評価しているかを検討した。また体格により活動強度に誤差を生じる場合、その誤差の程度を提示することを目的とした。

健康な成人男女 71 名について、基礎代謝量（BMR）、座位安静代謝量（RMR）、静的活動 3 項目、生活活動 4 項目、歩行活動 7 項目の EE を測定した。それぞれの活動時の EE を、体格を表す因子（体重（BW）、BMR、RMR）で除し、身体活動強度指標（順に、EE/BW、EE/BMR、EE/RMR）を算出した。身体活動強度指標と体格（体重）の間に有意な関係が見られた場合に、身体活動強度指標の体格補正が不適切であると評価した。

EE/BW では、静的活動の全てにおいて、体重と有意な負の関係がみられた。これらの活動の EE/BW の値は、平均的な体格から 10kg 離れるごとに±5-6%程度の誤差が生じた。EE/BMR では、3 項目の歩行活動で体重と有意な正の関係がみられ、平均的な体格から 10kg 離れるごとに±3-5%程度の誤差が生じた。EE/RMR では、2 項目の生活活動と 5 項目の歩行活動で体重と有意な正の関係がみられ、平均的な体格から 10kg 離れるごとに±3-6%の誤差が生じた。

以上のように、EE/BW は静的活動において、EE/BMR と EE/RMR は生活活動や歩行活動において、活動強度の評価が体格に依存する可能性が示唆された。体格により生じる誤差の程度は、いずれの活動強度指標においても、平均的な体格より 10kg 離れるごとに 5%程度であることが示された。

### A. 研究目的

人々の健康や栄養を考える上で、エネルギー消費量（EE）の把握や、身体活動強度

の評価は重要な意義を持つ。一般的に EE は、活動強度と体格に依存する。そのため、幅広い体格を有する対象者において、EE や

活動強度を評価するには、EE を体格で補正する必要がある。体格の因子として、代表的な体重 (BW)、基礎代謝量 (BMR)、座位安静時代謝量 (RMR) で EE を補正したものは、活動強度指標として (順に EE/BW、EE/BMR、EE/RMR)、様々な研究や調査において国際的にも幅広く用いられている。

しかし、数々の先行研究において、体格を補正したはずの活動強度指標が、同じ活動内容にも関わらず体格によって異なる値になるという議論がなされている。

そこで、本研究では、代表的な 3 つの活動強度指標が、様々な体格を有する対象者の、様々な日常生活の活動強度を等しく評価しているかを検討した。また体格により活動強度に誤差を生じる場合、その誤差の程度を提示することを目的とした。

## B. 研究方法

### 1. 被験者

被験者は、さまざまな体格 (体重 40.3-86.1kg) の健康な成人男女 71 名 (21-66 歳) とした。

### 2. 測定手順

前日は、午後 9 時までに夕食を終え、その後の飲食を禁止した。当日の朝は、水以外飲食を控えさせ、午前 8 時頃に実験室に入室するように依頼した。その際、できる限り静かにゆっくりとした歩行で入室するように指示した。実験室に到着後に、本実験の主旨を説明し、実験への協力に関する同意を得た上で実験を開始した。まず初めに、被験者の身体計測を行い、その後基礎代謝量 (BMR)、座位安静時代謝量 (RMR) と日常生活活動中の EE を測定した。

### 3. 基礎代謝量 (BMR) と座位安静時代謝量

### (RMR)

被験者に仰臥位での安静状態を 30 分間保持させた後、ダグラスバッグを用いて 10 分間の呼気を 2 回採取した。その後、椅座位にて 10 分間の呼気を 1 回採取した。採取した呼気の酸素濃度および二酸化炭素濃度を質量分析計 (ARCO-1000, Arco System Inc., Chiba, Japan) により測定した。また、呼気量を乾式ガスメータ (DC-5, SHINAGAWA Co Ltd., Tokyo, Japan) により測定した。Weir (1949) の式を用いて BMR (仰臥位安静)、RMR (座位安静) を算出した。BMR は 2 回の測定の平均値とした。

### 4. 日常生活活動中のエネルギー消費量

BMR、RMR の測定が終了した後に低強度活動から順に測定を行った。

静的活動：パソコン作業

生活活動：掃除機かけ、洗濯物干し、皿洗い、荷物 (5kg) 運び

歩行活動：階段降り、階段昇り、ゆっくり歩行 (55m/min)、普通歩行 (70m/min)、速歩 (100m/min)、物 (3kg) を持って歩行 (70m/min)、ジョギング (140m/min)

の各身体活動中の呼気を採取して、EE を求めた。それを体重、基礎代謝量、座位安静時代謝量で除して、それぞれの活動強度指標を算出した。

### 5. 評価方法

性・年齢を調整した、各活動の活動強度指標と体格 (体重) の関係が、統計的に有意だった場合、活動強度指標は体格補正が不適切であると評価した。

また、体格に伴い生じる活動強度指標の誤差は、平均的な体格 (体重 60.0kg) を基準とし、そこから 10kg 増減するごとに生じる差を、体重 60.0kg の活動強度指標を基準とした 100 分率で表した。

#### 4. 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(ヒトゲノム・遺伝子解析を除く研究に関する部会)」の承認を得て実施した。測定にあたって、対象者に測定目的、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

EE/BW は、静的活動の全てにおいて、体重と有意な負の関係があり、それにより平均体重(60.0kg)から10kg離れるごとに±5-6%の誤差が生じた(表 a)。EE/BMR は、歩行活動のうち3項目において、体重と有意な正の関係があり、それにより平均体重から10kg離れるごとに±3-5%の誤差が生じた(表 b)。EE/RMR は、生活活動のうち2項目と、歩行活動のうち5項目において、体重と有意な正の関係があり、平均体重から10kg増えるごとに±3-6%の誤差が生じた(表 c)。

#### D. 考察

本研究で、様々な日常生活活動の活動強度指標の体格に伴う誤差は、その体格補正因子により生じ方に特徴があることが示された。

EE/BW は、体重移動を伴う活動においては体格に依存することなく適切に活動の強度を評価できたものの、体重移動を伴わない静的な活動において誤差が生じた。一方、EE/BMR や EE/RMR は、体重移動を伴わない静的な活動や体重移動の少ない生活活動においては体格に依存することなく適切に

活動の強度を評価できたものの、体重依存性の高い歩行活動や一部の生活活動において誤差が生じた。

これらの誤差は、体格(体重)、補正因子(BW、BMR、RMR)、各活動EEの関係に基づくと考えられた。活動のEEは、体重移動を伴う活動では、体重にほぼ比例して増加する。しかし、体重移動を伴わない活動のEEの場合、体格(体重)の増加の割合よりも小さい割合でしか増加しない。そのため、EE/BWでは、静的活動において体重と負の関係が見られたと考えられる。BMRやRMRの大きさは、体格(体重)を反映するものの、体格(体重)の増加の割合よりも小さい割合でしか増加しない。そのため、EE/BMRやEE/RMRでは、体重とほぼ比例的にEEが増加する歩行活動など体重移動を伴う活動において、体重と正の関係が見られたと考えられる。

#### E. 結論

個々人のEEを体格で補正する場合、あるいは、平均の活動強度指標からEEを推定する場合には、EE/BWは静的活動において、EE/BMRは一部の歩行活動において、EE/RMRは一部の生活活動と多くの歩行活動において、活動強度の評価に最大で約±10%の誤差が生じると考えられた。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

田栗恵美子, 田中茂穂, 大河原一憲, 高田和子, 引原有輝, 三宅理江子, 田畑泉. 活動強度を表す指標における体格補正の妥当性.

第 62 回日本体力医学会大会, 9 月 14-16 日,  
2007, 秋田.

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

**G. 知的財産権の出願・登録状況**

1. 特許取得

なし

表. 活動強度指標と体重の関係と、体格により生じる活動強度指標の誤差の程度

**a. EE/BW**

	EE/BW		
	回帰係数 <sup>1</sup> (Mean ± SE)	EE/BW <sub>(ave.BW)</sub> <sup>2</sup>	誤差の程度 <sup>3</sup> (%)
<b>静的活動</b>			
仰臥位安静	-0.000079 ± 0.000016 **	0.01488	-5.3
座位安静	-0.000094 ± 0.000017 **	0.01643	-5.7
パソコン作業	-0.000091 ± 0.000022 **	0.01814	-5.0
<b>生活活動</b>			
掃除機かけ	-0.000016 ± 0.000123	0.04801	
洗濯物干し	-0.000099 ± 0.000062	0.03681	
皿洗い	-0.000075 ± 0.000057	0.02930	
荷物(5kg)運び	-0.000139 ± 0.000132	0.07166	
<b>歩行活動</b>			
階段のぼり	-0.000070 ± 0.000119	0.12301	
階段おり	-0.000189 ± 0.000103	0.05134	
歩行(55m/分)	-0.000119 ± 0.000083	0.05027	
歩行(70m/分)	-0.000121 ± 0.000091	0.05902	
歩行(100m/分)	-0.000096 ± 0.000149	0.07596	
物(3kg)を持って歩く	-0.000186 ± 0.000113	0.06890	
ジョギング(140m/分)	-0.000339 ± 0.000242	0.15467	

回帰係数<sup>1</sup>: 性と年齢を考慮した, EE/BW と体重の関係より得られた, 体重の係数

EE/BW<sub>(ave.)</sub><sup>2</sup>: 性, 年齢を考慮した, 平均体重 (60.0kg) における EE/BW の値.

誤差の程度<sup>3</sup>: 平均体重より 10kg 増加するごとに生じる EE/BW の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) = B / EE/BW<sub>(ave.)</sub> × 100

\*P<0.05, \*\*P<0.001

b. EE/BMR

	EE/BMR		
	回帰係数 <sup>1</sup> (Mean ± SE)	EE/BMR <sub>(ave.BW)</sub> <sup>2</sup>	誤差の程度 <sup>3</sup> (%)
<b>静的活動</b>			
仰臥位安静	—	—	—
座位安静	-0.001 ± 0.001	1.11	
パソコン作業	0.000 ± 0.001	1.22	
<b>生活活動</b>			
掃除機かけ	0.015 ± 0.009	3.26	
洗濯物干し	0.006 ± 0.004	2.49	
皿洗い	0.005 ± 0.004	1.99	
荷物(5kg)運び	0.016 ± 0.009	4.85	
<b>歩行活動</b>			
階段のぼり	0.035 ± 0.010	** 8.37	4.2
階段おり	0.006 ± 0.006	3.46	
歩行(55m/分)	0.011 ± 0.006	3.40	
歩行(70m/分)	0.013 ± 0.006	* 3.99	3.3
歩行(100m/分)	0.021 ± 0.010	* 5.14	4.1
物(3kg)を持って歩く	0.012 ± 0.007	4.67	
ジョギング(140m/分)	0.031 ± 0.018	10.51	

回帰係数<sup>1</sup>: 性と年齢を考慮した, EE/BMR と体重の関係より得られた, 体重の係数

EE/BW<sub>(ave.)</sub><sup>2</sup>: 性, 年齢を考慮した, 平均体重 (60.0kg) における EE/BMR の値.

誤差の程度<sup>3</sup>: 平均体重より 10kg 増加するごとに生じる EE/BMR の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) =  $B / EE/BMR_{(ave.)} \times 100$

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.001$

c. EE/RMR

	EE/RMR		
	回帰係数 <sup>1</sup> (Mean ±SE)	EE/RMR <sub>(ave.BW)</sub> <sup>2</sup>	誤差の程度 <sup>3</sup> (%)
<b>静的活動</b>			
仰臥位安静	0.000 ± 0.001	0.91	
座位安静	—	—	—
パソコン作業	0.001 ± 0.001	1.11	
<b>生活活動</b>			
掃除機かけ	0.016 ± 0.008	*	2.95
洗濯物干し	0.007 ± 0.004		2.26
皿洗い	0.006 ± 0.004		1.79
荷物(5kg)運び	0.017 ± 0.008	*	4.39
<b>歩行活動</b>			
階段のぼり	0.035 ± 0.009	**	7.58
階段おり	0.007 ± 0.006		3.13
歩行(55m/分)	0.011 ± 0.005	*	3.08
歩行(70m/分)	0.035 ± 0.009	**	7.58
歩行(100m/分)	0.021 ± 0.009	*	4.66
物(3kg)を持って歩く	0.013 ± 0.007		4.22
ジョギング(140m/分)	0.031 ± 0.015	*	9.47

回帰係数<sup>1</sup>: 性と年齢を考慮した, EE/RMR と体重の関係より得られた, 体重の係数

EE/BW<sub>(ave.)</sub><sup>2</sup>: 性, 年齢を考慮した, 平均体重 (60.0kg) における EE/RMR の値.

誤差の程度<sup>3</sup>: 平均体重より 10kg 増加するごとに生じる EE/RMR の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) = B / EE/RMR<sub>(ave.)</sub> × 100

\*P<0.05, \*\*P<0.001

## 運動強度に着目した身体活動量と内臓脂肪蓄積との関連に関する縦断的検討

分担研究者 内藤義彦 武庫川女子大学生生活環境学部食物栄養学科

本研究は運動強度を加味した身体活動量の評価指標と内臓脂肪面積を始めとした各種の肥満指標との関連を横断的および縦断的に検討し、健康診断や保健指導における運動強度を加味した身体活動量評価の有用性について検討することを目的とした。

対象は在阪の医療機関の健康教室参加者の内、教室前後に腹部 CT 検査を受けた 48 名である。身体活動量評価は一次元加速度計（ライフコーダ Ex）を用い複数の指標を用いた。縦断的検討より、食事の改善より身体活動の改善の方が内臓脂肪面積減少に対して影響が大きいことが示唆された。また、内臓脂肪面積の変化に対する身体活動量指標の変化の関連について、単純な相関分析および他の変量を考慮した分析を行った結果、体重当たり総消費エネルギー量の変化との関連性が最も大きく、特に運動強度が内臓脂肪に強く影響することを示すような結果ではなかった。

先行研究において運動強度と内臓脂肪面積の関係には一致した見解が得られていないことから、今後対象者の属性や食事を考慮した上で、さらなる検討が必要であると考えられる。

### A. 研究目的

「健康づくりのための運動指針 2006」では、健康づくりのために、週に 23 エクササイズ (METs・時) 以上の活発な身体活動 (運動・生活活動) を行い、そのうち 4 エクササイズ以上の活発な運動を行うことを推奨している。また、内臓脂肪を確実に減少させるために、週に 10 エクササイズ以上の運動量を増加させることを推奨している。

本研究では、上記のような運動強度を加味した身体活動量の評価指標と内臓脂肪面積を始めとした各種の肥満指標との関連を横断的および縦断的に検討し、健康診断や保健指導における運動強度を加味した身体

活動量評価の有用性について検討することを目的とした。

### B. 研究方法

#### 1. 研究対象

大阪府立健康科学センターにおいて開催された健康教育事業である「スリムで健康塾 (以下、スリム塾)」の参加者 122 名 (平成 16 年～平成 19 年) のうち、途中中断者と介入前後の LC データが揃っていない者を除外した 91 名であり、内臓脂肪面積については腹部 CT データの揃った 48 名を対象とした。

## 2. 評価項目

スリム塾では、開講式・閉講式の2回に身体計測(身長、体重、BMI)、血液生化学検査(総コレステロール、HDLコレステロール、LDLコレステロール、中性脂肪、空腹時血糖、HbA1c、空腹時インスリン濃度、HOMA指数)、収縮期血圧、拡張期血圧、腹部CT(臍周囲径、内臓脂肪面積、皮下脂肪面積、V/S比)、DXA法による全身体脂肪測定(体脂肪量、除脂肪量、体脂肪率、除脂肪率)、健康科学センター開発の食事摂取頻度調査票(Food frequency questionnaire、通称、ゲンキープFFQ:以下、FFQ)による摂取エネルギー量、脂肪エネルギー比率の調査を実施した。身体活動量の調査には簡易身体活動質問票(公益信託日本動脈硬化予防研究基金統合研究用身体活動質問紙(JALSPAQ)と次元加速度計であるライフコーダEx4秒版(スズケン社製、以下LC)を使用した。本検討ではLCのデータのみを用いた。身体活動量の指標としては:総消費エネルギー量、体重当たりの総消費エネルギー量、運動量、歩数、3METs以上の身体活動時間、3METs以上のエクササイズスコアを用いた。LCの装着推定時間が420分以上/日、歩数が2000歩以上/日、装着推定日数が1週間に4日以上条件を満たすデータのみを抽出して分析を行った。

## 3. 検討内容

### ①LCによる身体活動量の変化の検討

介入前と介入後の身体活動量指標の平均値、標準偏差、変化について対応するサンプルのt検定を用いた有意確率を求めた。

### ②内臓脂肪面積と身体活動指標との関連(横断的検討)

介入前の内臓脂肪面積と身体活動量指標との関連について単相関分析により横断的検討を行った。

### ③身体活動指標と身体計測値との関連(縦断的検討)

介入前後における、身体活動の指標の変化量と身体データの変化量との関連について単相関分析により縦断的検討を行った。

### ④身体活動量の変化区分別にみた内臓脂肪面積の変化量の比較

身体活動量指標の変化量により4等分し、各群の内臓脂肪面積の変化量を比較した。

### ⑤内臓脂肪面積差、身体活動差、食事差の間の偏相関分析

内臓脂肪面積と身体活動の関連を検討するため、交絡要因である食事指標を含め、偏相関分析を行った。食事指標は、FFQの摂取エネルギー量、脂肪エネルギー比率とした。

### ⑥内臓脂肪面積差を目的変量とした重回帰分析

介入前後の内臓脂肪面積差を目的変量とし、身体活動の指標を体重当たりの総消費エネルギー量、3METs以上の身体活動時間、歩数に変えた場合と、食事の指標を摂取エネルギー量、脂肪エネルギー比率に変えた場合とで組み合わせ、重回帰分析(強制投入法)を行い、身体活動量指標の有意確率を比較した。

## 4. 倫理面への配慮

本研究は、大阪府立健康科学センター健康度測定部が主催する「スリムで健康塾」コース(分担研究者が塾長)の健康診断成績を基に行った。健康管理や疫学の研究のため通年的に開催する事業から

のデータを利用することに関しては所定の条件を遵守することで、被調査者本人からの説明と同意および大阪府立健康科学センター倫理審査委員会の承認を得ている。なお、分析に当たっては、個人情報情報を削除したファイル形式に変換し集計を行った。また、測定内容にとくにプライバシー性の高い情報は含まれていないが、ファイルは厳重に管理し、部外者に流出することがないように留意した。

### C. 研究結果

#### ①LCのデータについて

介入前後で体重当たりの総消費エネルギー量、総消費エネルギー量、運動量、歩数、3METs以上の身体活動時間、3METs以上のエクササイズ全てにおいて有意な改善を認めた ( $P < 0.05$ )。

#### ②内臓脂肪面積と身体活動指標との関連 (横断的検討)

各種身体活動量指標と内臓脂肪面積との相関分析の結果、体重当たり総消費エネルギー量のみが有意 ( $P < 0.01$ ) で、相関係数は  $-0.403$  であった。

#### ③身体活動指標と身体計測値との関連 (縦断的検討)

介入前後における、LCデータによる身体活動の指標の変化量と身体計測値との変化量との関連を検討した結果 (表1)、有意な相関を認めた身体活動指標の項目数が最も多いのは内臓脂肪面積であった。逆に、身体活動の指標では体重当たりの総消費エネルギー量の相関係数がすべての身体計測値に対して最も高かった。内臓脂肪面積と体重当たり消費エネルギー量および3METs以上の身体活動時間との散布図を図1、2に示

す。

#### ④身体活動量の変化区別にみた内臓脂肪面積の変化量の比較

介入前後における、体重当たりの総消費エネルギー量、3METs以上の身体活動時間とともに、増加の大きかった群の方が小さかった群に比べて内臓脂肪面積の減少量が大きかったが、有意な量・反応関係は認められなかった (図3、4)。

#### ⑤内臓脂肪面積差、身体活動差、食事差の間の偏相関分析

制御因子が食事の場合、内臓脂肪面積差との偏相関係数は体重当たりの総消費エネルギー量差 ( $-0.399$ ) の方が3METs以上の身体活動時間差 ( $-0.361$ ) に比べて有意確率が低かった。なお、制御因子が身体活動差の場合、食事の変化には有意な偏相関が認められなかった。

#### ⑥内臓脂肪面積差を目的変数とした重回帰分析

説明変数は介入前の内臓脂肪面積と摂取エネルギー量を強制投入し、身体活動量の指標として、体重当たりの総消費エネルギー量差、3METs以上の身体活動時間、歩数、に変えて投入した場合の回帰係数およびその有意確率を検討した。その結果、いずれの指標も有意な回帰係数であったが、有意確率の高い順は体重当たりの総消費エネルギー量差  $>$  3METs以上の身体活動時間差  $>$  歩数差であった。

### D. 考察

平成20年度から始まる特定健診・保健指導では、内臓脂肪蓄積を発見しそれを減量させること、そのための手段として運動・身体活動が強調されている。一方、エクサ

サイズガイドでは3メッツ以上の身体活動を評価し、中強度以上の身体活動の意義が提示されている。そこで、本研究では、内臓脂肪を減らすために、どのような身体活動を行うべきが、詳細な計測値を有する健康教室参加者の成績を基に、運動強度に関して妥当性の評価がなされている次元加速度計を用いて各種身体活動量指標と内臓脂肪面積との関係を縦断的に検討した。

その結果、女性が多くメタボリックシンドローム該当者が比較的少ないなどの偏りのある研究対象であるが、いくつか興味深い結果が得られた。

まず、食事の改善より身体活動の改善の方が内臓脂肪面積減少に対して影響が大きいことが示唆されたことである。もともと、食事の影響を評価するために使用した FFQ の妥当性・精度が影響した可能性もあると考えられる。

次に、内臓脂肪面積の変化に対する身体活動量指標の変化の関連について、体重当たり総消費エネルギー量の変化との関連性は、3METs 以上の身体活動時間や歩行数の変化との関連性と比べて勝るとも劣らない結果であり、特に運動強度が内臓脂肪に強く影響することを示すような結果ではなかった。

なお、目的変数を内臓脂肪面積ではなく、臍周囲径にした検討でも同様の結果であった。すなわち、本研究では、臍周囲径ひいては内臓脂肪面積の変化には運動強度の変化よりも体重当たり総消費エネルギー量の変化の方がより強く関連していることが示唆された。この結果は、Slentz らの体脂肪量、臍周囲径は総消費エネルギー量との関連の報告と同様であった。しかし、先行研

究において運動強度と内臓脂肪面積の関係には一致した見解が得られていないことから、今後対象者の属性や食事を考慮した上で、さらなる検討が必要であると考えられる。なお、今回は LC という加速度計を基に運動強度および身体活動量を評価したが、今後、質問紙により評価した運動強度、身体活動量を用いた検討を行う予定である。

## E. 結論

メタボリックシンドロームで重視されている内臓脂肪面積と身体活動量との関連を縦断的に検討した結果、食事に比べ身体活動量の方がより影響が大きいことが示唆された。また、内臓脂肪面積に対して、運動強度よりも体重当たり総消費エネルギー量の方のより強い関連が示唆された。

## F. 研究発表

### 1. 著書

1) 内藤義彦、他（小町喜男監修、嶋本喬、飯田稔編）、地域における循環器疾患の疫学研究と予防対策の発展－秋田・大阪における40年のあゆみ、財）日本公衆衛生協会（東京）、2007

2) 内藤義彦、他（熊谷秋三編）、健康・運動の疫学入門－エビデンスに基づくヘルスプロモーションの展開－、医学出版（東京）、2008（近刊）

### 2. 論文発表

1) 内藤 義彦、原田 亜紀子、他：質問紙による身体活動量評価方法の開発とその適用に関する研究(日本体力医学会プロジェクト研究). 体力科学: 56(1): 27-28, 2007.

2) 内藤義彦：実地医家による高血圧の一次

- 予防の実施法 - 実効ある運動指導の進めかた. *Medical Practice*: 24(2) : 345-351, 2007.
- 3) 内藤義彦: 集団を対象とした身体活動・運動量の評価. *体育の科学*: 57(4): 272-6, 2007.
- 4) 川久保清、内藤義彦、他: 身体活動量評価法の開発に関する研究(日本体力医学会プロジェクト研究). *体力科学*:56(1): 25-26、2007.
- 5) 大平哲也、内藤義彦、他: 心理的健康の維持・増進のための望ましい生活習慣についての疫学研究. *日本公衆衛生雑誌*: 54(4): 226-35, 2007.
- 6) The Emerging Risk Factors Collaboration (member): analysis of individual data on lipid, inflammatory and other markers in over 1.1 million participants in 104 prospective studies of cardiovascular diseases. *Eur J Epidemiol* (Epub): 22(12): :839-69, 2007.

### 3. 学会発表

- 1) 内藤義彦、加藤亮、他: 地域における水中運動教室の効果について(第6報) - 栄養教育の強化とその成果. 第66回日本公衆衛生学会(愛媛), 2007.
- 2) 内藤義彦: 実効性のある保健指導を行うには何が必要か? - ライフスタイルを評価し変容を促すツールの有用性を考える - . 第66回日本公衆衛生学会(愛媛), 2007.
- 3) Yoshihiko Naito, Makoto Kato: Efficacy of a New Nutrition Educational Tool Using Food Models and IC Tags. the 39th

Conference of the Asia-Pacific Academic Consortium for Public Health (Sakado, Japan), 2007.

- 4) 加藤亮、内藤義彦: 地域の生活習慣病予防・改善のための行動変容プログラムにおける身体活動評価の重要性とその位置づけについて. 第10回運動疫学研究会学術集会(兵庫), 2007.
- 5) 原田亜紀子、内藤義彦、他: 加速度計データに基づく日常身体活動の分散成分の検討. 第10回運動疫学研究会学術集会(兵庫), 2007.
- 6) 中村知佳子、内藤義彦、他: メタボリックシンドロームの改善を目的としたIT(メール支援)による介入効果の検討. 第66回日本公衆衛生学会(愛媛), 2007.
- 7) 加藤亮、西尾久子、内藤義彦: フードモデルとICタグを用いた新しい栄養指導ツールの有効性について. 第54回栄養改善学会学術集会(長崎), 2007.

### 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  
栄養診断システム及び同栄養診断システムで使用する栄養診断プログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体(出願中)
3. その他  
なし

表1 身体活動指標の変化と肥満指標の変化との関連

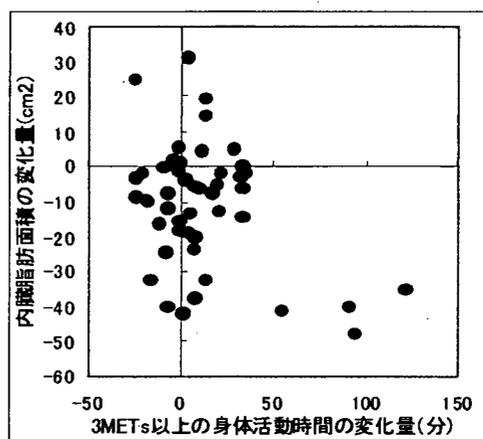
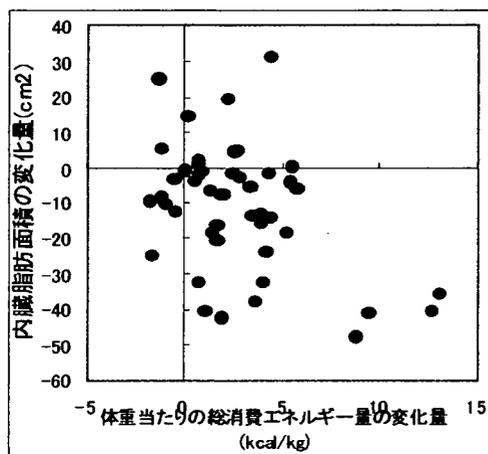
Pearsonの相関係数						
	総消費エネルギー量	体重当たりの総消費エネルギー量	3METs以上の身体活動時間	3METs以上のエクササイズ	運動量	歩数
内臓脂肪面積	-0.358	<b>-0.444</b>	-0.386	-0.372	<b>-0.373</b>	-0.348
皮下脂肪面積	-0.328	<b>-0.406</b>	-0.346	-0.342	-0.341	-0.335
臍周囲径	-0.285	<b>-0.380</b>	-0.327	-0.293	-0.322	-0.325
体脂肪量	-0.200	<b>-0.586</b>	-0.073	-0.064	-0.097	-0.091
除脂肪量	-0.121	<b>-0.346</b>	-0.059	-0.073	-0.076	-0.033
体脂肪率	-0.106	<b>-0.397</b>	-0.014	0.000	-0.030	-0.048
除脂肪率	0.128	<b>0.422</b>	0.024	0.009	0.037	0.055

網掛け：相関係数は1%水準で有意（両側）

太字：相関係数は5%水準で有意（両側）

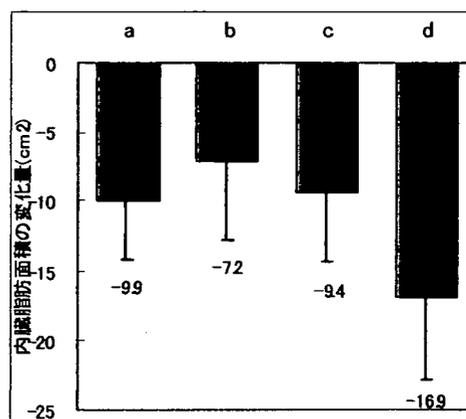
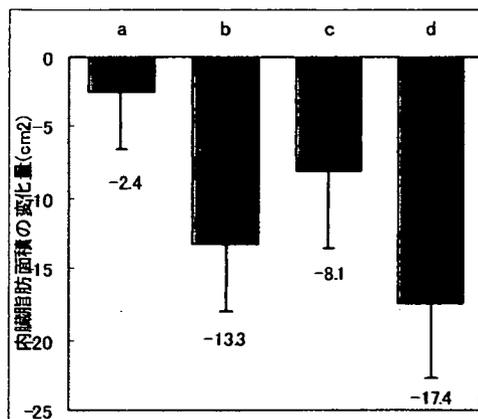
身体活動量の変化量と内臓脂肪面積の変化量との散布図

(図1：体重当たり総消費エネルギー量、図2：3METs以上の活動時間)



身体活動量の変化区別に見た内臓脂肪面積の変化量の平均値の比較

(図3：体重当たり総消費エネルギー量、図4：3METs以上の活動時間)



### Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

#### 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
高田和子	トレーニングとエネルギー消費量	樋口 満	新版 コンディショニングのスポーツ栄養学	市村出版	東京	2007	11-22

#### 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Tanaka C, Tanaka S, Kawahara J, Midorikawa T.	Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children	Obesity	15(5)	1233-41	2007
Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I.	Interindividual variability in metabolic rates in Japanese subjects	Eur J Clin Nutr	61(11)	1256-61	2007
Ohkawara K, Tanaka S, Miyachi M, Ishikawa-Takata K, Tabata I.	A dose-response relation between aerobic exercise and visceral fat reduction: systematic review of clinical trials	Int J Obes	31(12)	1786-97	2007
Midorikawa T, Tanaka S, Kaneko K, Koizumi K, Ishikawa-Takata K, Futami J, Tabata I.	Evaluation of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry	Obesity	15(12)	3031-8	2007
Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Morita A, Watanabe S.	Accuracy of predictive equations for basal metabolic rate and the contribution of abdominal fat distribution to basal metabolic rate in obese Japanese people	Anti-Aging Med	5(1)	17-21	2008

Ishikawa-Takata K, Tabata I, Sasaki S, Rafamantanantsoa HH, Okazaki H, Okubo H, Tanaka S, Yamamoto S, Shirota T, Uchida K, Murata M.	Physical activity level in healthy free-living Japanese estimated by doubly labelled water method and International Physical Activity Questionnaire	Eur J Clin Nutr		Epub ahead of print	2007
Okubo H, Sasaki S, Hirota N, Notsu A, Todoriki H, Miura A, Fukui M, Date C.	The influence of age and body mass index on relative accuracy of energy intake among Japanese adults	Eur J Clin Nutr		Epub ahead of print	2007
Ohkawara K, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I.	Twenty-four-hour analysis of elevated energy expenditure after physical activity in a metabolic chamber: models of daily total energy expenditure	Am J Clin Nutr		in print	2008
田中千晶, 田中茂穂, 河原純子, 緑川泰史.	一軸加速度計を用いた幼児の身体活動量の評価精度	体力科学	56(5)	489-500	2007
内藤義彦	集団を対象とした身体活動・運動量の評価.	体育の科学	57(4)	272-6	2007
高田和子	摂取したエネルギーの体内での吸収と利用	体力科学	56(2)	287-90	2007
田中茂穂	身体活動レベル (PAL) とエネルギー必要量.	臨床スポーツ医学	24(8)	847-53	2007

#### **IV. 研究成果の刊行物・別刷**

# Triaxial Accelerometry for Assessment of Physical Activity in Young Children

Chiaki Tanaka,\* Shigeho Tanaka,† Junko Kawahara,‡ and Taishi Midorikawa§

## Abstract

TANAKA, CHIAKI, SHIGEHO TANAKA, JUNKO KAWAHARA, AND TAISHI MIDORIKAWA. Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity*. 2007;15:1233–1241.

**Objective:** The purpose of the present study was to derive linear and non-linear regression equations that estimate energy expenditure (EE) from triaxial accelerometer counts that can be used to quantitate activity in young children. We are unaware of any data regarding the validity of triaxial accelerometry for assessment of physical activity intensity in this age group.

**Research Methods and Procedures:** EE for 27 girls and boys ( $6.0 \pm 0.3$  years) was assessed for nine activities (lying down, watching a video while sitting and standing, line drawing for coloring-in, playing blocks, walking, stair climbing, ball toss, and running) using indirect calorimetry and was then estimated using a triaxial accelerometer (ActivTracer, GMS).

**Results:** Significant correlations were observed between synthetic (synthesized tri-axes as the vector), vertical, and horizontal accelerometer counts and EE for all activities (0.878 to 0.932 for EE). However, linear and non-linear regression equations underestimated EE by  $>30\%$  for stair climbing (up and down) and performing a ball toss. Therefore, linear and non-linear regression equations were calculated for all activities except these two activities, and then evaluated for all activities. Linear and non-linear regression equations using combined vertical and horizontal accelera-

tion counts, synthetic counts, and horizontal counts demonstrated a better relationship between accelerometer counts and EE than did regression equations using vertical acceleration counts. Adjustment of the predicted value by the regression equations using the vertical/horizontal counts ratio improved the overestimation of EE for performing a ball toss.

**Discussion:** The results suggest that triaxial accelerometry is a good tool for assessing daily EE in young children.

**Key words:** energy expenditure, physical activity, children, accelerometry, indirect calorimetry

## Introduction

Childhood obesity is a health and social problem in many countries, including Japan (1). Obesity in young children leads to obesity and metabolic disorders in adults (2). Therefore, a countermeasure of obesity in young children is important. Decreased physical activity (PA)<sup>1</sup> is likely a major contributor to obesity in young children (3,4). Recent studies have revealed that not only programmed exercise but also non-exercise activity thermogenesis (NEAT), a component with large interindividual variability (5,6), can prevent weight gain in adults (7,8). Because young children are not usually engaged in prolonged exercise, it is important to evaluate PA, and NEAT in particular, in young children.

The doubly labeled water (DLW) method has been well known as the gold standard for measurement of energy expenditure (EE) under free-living conditions. However, this method is expensive and requires the collection of several urine samples. Moreover, it does not provide specific information on the nature of PA. In contrast, the questionnaire (e.g., activity diary) and accelerometer methods are relatively non-invasive. However, self-reported measures for PA may be difficult in young children. The

Received for review July 3, 2006.

Accepted in final form November 14, 2006.

The costs of publication of this article were defrayed, in part, by the payment of page charges. This article must, therefore, be hereby marked "advertisement" in accordance with 18 U.S.C. Section 1734 solely to indicate this fact.

\*Department of Health Science, College of Health and Welfare, J.F. Oberlin University, Machida, Japan; †Health Promotion and Exercise Program, National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, Japan; ‡Research Center for Environmental Risk, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan; and §Faculty of Sport Sciences, Waseda University, Tokorozawa, Japan.

Address correspondence to Chiaki Tanaka, J.F. Oberlin University, 3758 Tokiwamachi, Machida, Tokyo 194-0294, Japan.

E-mail: c-tanaka@obirin.ac.jp

Copyright © 2007 NAASO

<sup>1</sup> Nonstandard abbreviations: PA, physical activity; NEAT, non-exercise activity thermogenesis; DLW, doubly labeled water; EE, energy expenditure; PAR, physical activity ratio; BMR, basal metabolic rate; SEE, standard error of estimate.