

な質問紙の確立が今後の課題と考えられる。

F 健康危険情報

特になし

G 研究発表

1. 論文発表

- 1) 内藤義彦, 運動・身体活動と公衆衛生(1) 「公衆衛生分野において運動・身体活動をどう考えるか」, 公衆衛生学雑誌, 186-188, 2008
- 2) Naito M, Naito Y, HIPOP-OHP Research Group. Effect of a 4-year workplace-based physical activity intervention program on the blood lipid profiles of participating employees: the high-risk and population strategy for occupational health promotion (HIPOP-OHP) study. *Atherosclerosis*.197(2):784-790, 2008
- 3) Yamada Y, Naito Y, Yokoyama K, et al. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *European Journal of Applied Physiology*. ,Oct. online, 2008

2. 学会発表

- 1) 内藤義彦, 加藤亮, 他 "メタボリックシンドロームの諸問題 (シンポジウム) (3)メタボリックシンドロームに身体活動は有用か" 第11回運動疫学研究会学術集会, 広島, 2008.9.
- 2) 内藤義彦, 加藤亮, 他 BMI・ウエスト・体組成・内臓脂肪と身体活動量との関連 第63回日本体力医学会大会, 大分, 2008.9.

3. 単行本

- 1) 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

H 知的財産権の出願・登録状況

なし

身体活動後の代謝亢進が1日当たりのエネルギー消費量に及ぼす影響

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 大河原 一憲 特別研究員
高田 和子 上級研究員

USA/Canada の DRI (2005) では、座位中心の生活から追加される全ての活動について、15%の運動後代謝亢進代謝 (EPOC) を加算することとしている。しかしながら、日常生活環境下における身体活動によって、どの程度の EPOC が生じるのかは十分に検討されていない。そこで、本研究ではヒューマンカロリメーターを用いて、日常生活時に近い、間欠的な活動を複数含んだ生活パターンを設定し、身体活動後の代謝亢進が総エネルギー消費量へ与える影響について検討した。その結果、中強度活動の多い日 (M-day) および高強度活動の多い日 (V-day) のいずれにおいても、身体活動後の代謝亢進 (本研究では APOC と定義) による総エネルギー消費量の有意な増加は認められなかった。また、総エネルギー消費量に対する APOC の割合は、それぞれ $1.2 \pm 2.7\%$ (M-day)、 $1.0 \pm 0.8\%$ (V-day) であり、総エネルギー消費量を推定する上では、代謝亢進の影響を考慮する意義は大きくないと考えられた。ただし、APOC と体力との間には有意な相関関係が認められ、体力の低いものほど APOC が大きい傾向にあった。このことから、低体力者については、日常生活環境下における身体活動でも活動後の代謝亢進の有意な増加が期待できると考えられた。

A. 研究目的

運動 (身体活動) によって、運動実践自体によるエネルギー消費に加えて、運動終了後もエネルギー (酸素) 消費が亢進すること (excess post-exercise oxygen consumption: EPOC) が知られている。EPOC は運動時間等に依存し、高強度・長時間での運動ほどその量は多くなる。ただし、それらの変動要因や変動幅については、必ずしも一致した結果がみられていない。また、日常生活環境下

においては、単発の運動と異なり、30分以上連続して同じ活動を続ける場面は少なく、異なる複数の身体活動を間欠的に行なうことが多い。二重標識水法や活動記録法・加速度計法等から得られた結果によると、標準的な身体活動レベルを有する個人においても、中～高強度活動は一日当たり数百 kcal に至る。仮に、これら一つひとつの活動の積み重ねによって身体活動後の代謝亢進が生じるとすれば、総エネルギー消費量に及ぼす影響は少な

くないはずである。USA/Canada の DRI (2005) では、座位中心の生活から追加される全ての活動について、15%のEPOCを加算することとしている。しかしながら、日常生活環境下における身体活動によって、どの程度の代謝亢進が生じるのかは十分に検討されていない。そこで、本研究ではヒューマンカロリメーターを用いて、日常生活時に近い、間欠的な活動を複数含んだ生活パターンを設定し、身体活動後の代謝亢進が総エネルギー消費量へ与える影響について検討した。

B. 研究方法

① 対象者

対象者は、日常的に高強度・高頻度で運動を実践している者を除き、24時間内に15分間×4回のジョギング(8.0 km/時)が可能な一般成人男性11名(年齢24.7±5.8歳、身長168.1±3.9 cm、体重64.5±7.9 kg、BMI22.8±2.8 kg/m²)であった。

② 測定項目及び方法

1) 測定プロトコル

ヒューマンカロリメーターを用いて、各被験者につき、運動時間および強度が異なる3種類のプロトコルにてエネルギー消費量の測定を実施した(表1)。それぞれのプロトコルは、I. 座位中心の生活(身体活動レベル≒1.5)、II. 中強度活動の増加による活動的な生活、およびIII. 高強度活動の増加による活動的な生活(IIとIIIの身体活動レベル≒1.9~2.0)とした。強度の構成は、加速度計から得られた各強度の割合と身体活動レベルとの関係に関する報告(Westerterp et al., 2001, Meijer et al., 2001)等を参考に設定した。

日常生活では様々な種類の身体活動で構成されると考えられるが、活動強度をコントロールするため、それぞれの強度に該当するゆっくり歩行(3.2 km/時)、速歩(5.6 km/時)、およびジョギング(8.0 km/時)を採用とすることとした。実施するプロトコルの順番はランダム化し、入室・退室時間は統一した。また、各被験者における3日間の測定は、運動による代謝亢進の影響を避けるため、入室前24時間における激しい運動を禁止した上で、それぞれ1日以上間を空けて行なった。各対象に提供した食事は、食事誘発性体熱産生の影響を除くために、3回とも同一のものとし、IおよびII・IIIの中間となるよう、1日あたりのエネルギー摂取量が推定BMR×1.75倍となるように設定した。

2) ヒューマンカロリメーター

エネルギー消費量は、ヒューマンカロリメーター室内の酸素摂取量と二酸化炭素産生量から算出した。室内は、快適な温度・湿度(25°C、55%)に設定した。室内の滞在は原則として24時間とし、専用の出し入れ口を通じて朝食・昼食・夕食を提供した。また、睡眠は7時間(24時~7時)とし、その時間帯の消費エネルギー量を睡眠時代謝量(SMR)として分析に用いた。15分間または30分間のトレッドミルによる歩行・ジョギング以外の時間は、座位安静状態(読書、パソコン、テレビ・ビデオ鑑賞等)で過ごすよう指示した。原則としては電話を通じて部屋の外との連絡をとるが、規定された活動時には、窓を通じて安全および活動の実践状況を確認した。

3) 最大酸素摂取量

運動後の継続的な代謝亢進は、運動強度と関連すると報告されている。そこで、ジョギング等の相対強度を把握するために、運動生理の専門家の監視下で、トレッドミルを用いた多段階漸増法による最大酸素摂取量の測定を行なった。

4) 身体計測

身長および体重を測定し、それらの値から BMI を算出した。また、DXA による体組成の評価を行なった。

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「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 日の総エネルギー摂取量 (TEE) は 2685 ± 303 kcal であった。

座位中心の日 (C-day)、中強度活動の多い日 (M-day)、および高強度活動の多い日 (V-day) の TEE (24 時間) は、それぞれ 2228 ± 143 kcal、 2816 ± 197 kcal、 2813 ± 163 kcal であった (表 2)。C-day と M-day および V-day との間に有意差が認められたが、M-day と V-day との間には有意差が認められなかった。また、3 日間の SMR に有意差は認められなかった (C-day: 1416 ± 103 kcal、M-day: 1399 ± 106 kcal、V-day: 1411 ± 91 kcal)。TEE/SMR (= 身体活動レベル) は、それぞれ 1.58 ± 0.06

(C-day)、 2.02 ± 0.07 (M-day)、 2.00 ± 0.08 : (V-day) であった。

C-day をベースとして、身体活動後の代謝亢進が生じない場合の M-day および V-day をモデリングした。すなわち、要因加算法を用いて、C-day 中に得られた速歩およびジョギングの値を基準とし、C-day の中に M-day および V-day で行なった回数分のエネルギー消費量を加算した (図 1)。本研究では、このモデルによって得られた値と実測した TEE との差を身体活動後の代謝亢進によるエネルギー消費量 (additional post-exercise oxygen consumption: APOC) と定義した。M-day および V-day のいずれにおいても、APOC による TEE の有意な増加は認められなかった。TEE に対する APOC の割合は、それぞれ $1.2 \pm 2.7\%$ (M-day)、 $1.0 \pm 0.8\%$ (V-day) であった (表 3)。また、身体活動による C-day からの増加分 (Δ PAEE) に対する APOC の割合は、それぞれ $4.4 \pm 12.0\%$ (M-day)、 $4.2 \pm 8.2\%$ (V-day) であった。

本研究における対象者の最大酸素摂取量 (VO₂max) は 47.3 ± 8.3 mL/min/kg で、各身体活動における強度 (%VO₂max) は、 $21.0 \pm 4.8\%$ (ゆっくり歩行)、 $32.9 \pm 7.0\%$ (速歩)、 $64.6 \pm 15.3\%$ (ジョギング) であった。さらに、VO₂max の絶対量と APOC との相関関係をみたところ、V-day において有意な相関係数が得られた (図 2)。

D. 考察

USA/Canada の DRI (2005) では、座位中心の生活から追加される全ての活動について、15%の EPOC を加算することとしている。そのエビデンスとして Bahr et al.

(1987) の報告を挙げている。彼らは 70%VO₂max で 20 分、40 分、80 分のエルゴメーターによる運動を行ない、運動後 24 時間の EPOC について検討した。その結果、運動後 12 時間の EPOC は、いずれの運動時間においても運動中の酸素消費量のおよそ 15% に相当した。しかしながら、この実験からは運動強度の影響を検討することはできない。他方、Bahr et al. (1991) は EPOC に対する運動強度の影響についても検討している。29%、50%、75%VO₂max で 80 分のエルゴメーターによる運動を行なった結果、40-50%VO₂max 以上の運動強度でないと 2 時間以上継続した EPOC は生じないと結論づけている。EPOC を 'rapid component' と 'prolonged component' の 2 つに区分すると、rapid component の多くは運動開始直後に生じる酸素借の回復に相当すると考えることができ、USA/Canada の DRI で加算している EPOC は、運動後およそ 1 時間経過後から数時間継続する prolonged component に相当するといえる。すなわち、Bahr et al. (1991) の結果に基づくと、強度の低い身体活動において prolonged component に相当する EPOC はほとんど生じないことから、実践した身体活動に対して一律に 15% の EPOC 分のエネルギー量を加算することは疑問が残る点である。しかしながら、この点について十分にコントロールした検討をおこなったものは見当たらない。

日常生活時においては、30 分以上連続して同じ活動を続ける場面は少なく、異なる複数の身体活動を間欠的に行なうことが多い。二重標識水法や活動記録法・加速度計法等から得られた結果によると、

標準的な身体活動レベルを有する個人においても、積み重ねられた間欠的な身体活動が 1 日当たり数百 kcal に至っている。このような間欠的な活動を複数行なう状況が、一過性の運動によって生じる EPOC とは異なる結果をもたらす可能性もある。そこで、本研究ではヒューマンカロリーメーターを用いて、日常生活時に近い、間欠的な活動を複数含んだ生活パターンを設定した。また、EPOC の prolonged component に相当する部分を算出し、additional post-exercise oxygen consumption (APOC) と定義して検討した。その結果、M-day および V-day のいずれにおいても、APOC による TEE の有意な増加は認められなかった。これを APOC/ΔPAEE に換算すると、それぞれ 4.4±12.0% (M-day)、4.2±8.2% (V-day) となり、USA/Canada DRI のように 15% 加算することは過大評価になると考えられた。

本研究で採用したゆっくり歩行、速歩、ジョギングは、ACSM の Compendium によると、それぞれ 2.5 メッツ、3.8 メッツ、8.0 メッツである。日常生活下で行なわれる洗濯、炊事などの身体活動のほとんどが低強度から中強度活動 (およそ 2~6 メッツ) に相当し、本実験はそれらの活動状況を反映するように設定した。また、実際に実験で採用した 3 種類の活動の相対的強度をみると、ジョギングのみが平均で 50% を超えており、ゆっくり歩行と速歩は平均で 40% 以下であった。つまり、Bahr et al. (1991) が示唆している 40-50%VO₂max 以上の運動強度でないと prolonged component に相当する代謝亢進がほとんど生じないという点は、一過性の運動とは状況が異な

る、複数の間欠的な活動が積み重なった日常生活環境下においても当てはまると考えられた。

一方、平均値でみると、日常生活環境下における身体活動ではAPOCがほとんど生じない結果となったが、個人によっては、100 kcal以上のAPOCが生じている場合もあった。このことは、エネルギーバランス、ひいては肥満の発現や解消に関与する可能性は否定できない。APOCと体力との関係を見ると、体力の低い者ほどAPOCが多く生じている傾向にあり、この結果は特に高強度活動の多い日において明確に示された。つまり、一般的に低体力の傾向にある肥満者や高齢者が、やや高め強度を含んだ様々な身体活動を積極的に取り入れた場合において、総消費エネルギー量の増加に対してAPOCが貢献することを示唆するものである。他方、処方される運動や個人で運動を実践する際は、各人で強度を決定することができるが、日常生活活動の強度を実践者側で設定することは難しい。ある生活活動の強度が高くなるか低くなるかは、本人の体力レベルに依存する。すなわち、低体力者は日常生活レベルの活動を積極的に増やせば代謝亢進の有意な増加が期待できるが、中～高体力者は、できるだけ高い強度の身体活動を取り入れないと、総消費エネルギー量に影響を与えるだけの代謝亢進は期待できないと考えられた。

E. 結論

本研究ではヒューマンカロリーメーターを用いて、日常生活時に近い、間欠的な活動を複数含んだ生活パターンを設定し、

身体活動後の代謝亢進が総エネルギー消費量へ与える影響について検討した。その結果、日常生活レベルでの身体活動に伴う活動後の代謝亢進では、1日の総エネルギー消費量に大きな影響を与えないことが示唆された。ただし、低体力者については、日常生活環境下における身体活動でも活動後の代謝亢進の有意な増加が期待できると考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

Ganpule AA, Tanaka S, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Interindividual variability in metabolic rates in Japanese subjects. *Eur J Clin Nutr*, Epub ahead of print, 2007.2.

田中茂穂. 間接熱量測定法による1日のエネルギー消費量の評価. *体力科学*: 55(5): 527-532, 2006.10.

高田和子. 肥満とエネルギーバランス. *体育の科学*: 56(8): 657-663, 2006.8.

2. 学会発表

Ishikawa-Takata K, Rafamantanantsoa HH, Okazaki H, Tanaka S, Sasaki S, Okubo H, Tabata I. ACSM 53rd Annual Meeting: 2006.6.3: Denver, Colorado.

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1-1 コントロール日 (C-day)

時刻	活動内容	時間 (分)
17:50	入室	10
18:00	安静座位	45
18:45	夕食→安静座位	135
21:00	ゆっくり歩行	30
21:30	安静座位	150
23:45	(就寝準備)	15
0:00	就寝→(睡眠)	7時間
7:00	起床・トイレ	
	→ベッドへ(基礎代謝)	60
8:00	安静座位	15
8:15	朝食→安静座位	70
9:25	ストレッチング	5
9:30	安静座位	60
10:30	速歩	30
11:00	安静座位	40
11:40	ストレッチング	5
11:45	安静座位	60
12:45	昼食→安静座位	70
13:55	ストレッチング	5
14:00	安静座位	55
14:55	ストレッチング	5
15:00	ジョギング	15
15:15	安静座位	150
17:45	退室準備	15
18:00	退室	

表1-2 中強度活動の多い日 (M-day)

時刻	活動内容	時間 (分)
17:50	入室	10
18:00	安静座位	15
18:15	速歩	15
18:30	安静座位	15
18:45	夕食→安静座位	45
19:30	速歩	15
19:45	安静座位	15
20:00	速歩	15
20:15	安静座位	45
21:00	ゆっくり歩行	30
21:30	安静座位	45
22:15	速歩	15
22:30	安静座位	15
22:45	速歩	15
23:00	安静座位	45
23:45	(就寝準備)	15
0:00	就寝→(睡眠)	7時間
7:00	起床・トイレ	
	→ベッドへ(基礎代謝)	60
8:00	安静座位	15
8:15	朝食→安静	45
9:00	速歩	15
9:15	安静座位	10
9:25	ストレッチング	5
9:30	速歩	15
9:45	安静座位	45
10:30	速歩	30
11:00	安静座位	40
11:40	ストレッチング	5
11:45	速歩	15
12:00	安静座位	15
12:15	速歩	15
12:30	安静座位	15
12:45	昼食→安静座位	70
13:55	ストレッチング	5
14:00	速歩	15
14:15	安静座位	40
14:55	ストレッチング	5
15:00	ジョギング	15
15:15	安静座位	45
16:00	速歩	15
16:15	安静座位	90
17:45	退室準備	15
18:00	退室	

表1-3 高強度活動の多い日 (V-day)

時刻	活動内容	時間 (分)
17:50	入室	10
18:00	安静座位	15
18:15	速歩	15
18:30	安静座位	15
18:45	夕食→安静座位	45
19:30	速歩	15
19:45	安静座位	75
21:00	ゆっくり歩行	30
21:30	安静座位	135
23:45	(就寝準備)	15
0:00	就寝→(睡眠)	7時間
7:00	起床・トイレ →ベッドへ(基礎代謝)	60
8:00	安静座位	15
8:15	朝食→安静座位	45
9:00	速歩	15
9:15	安静座位	10
9:25	ストレッチング	5
9:30	ジョギング	15
9:45	安静座位	45
10:30	速歩	30
11:00	安静座位	40
11:40	ストレッチング	5
11:45	ジョギング	15
12:00	安静座位	45
12:45	昼食→安静座位	70
13:55	ストレッチング	5
14:00	ジョギング	15
14:15	安静座位	40
14:55	ストレッチング	5
15:00	ジョギング	15
15:15	安静座位	45
16:00	速歩	15
16:15	安静座位	90
17:45	退室準備	15
18:00	退室	

表2 各プロトコルにおけるTEE、SMRおよびTEE/SMR

	TEE (kcal)	SMR (kcal)	TEE/SMR
コントロール	2228±143	1416±103	1.58±0.06
中強度活動の多い日	2816±197	1399±106	2.02±0.07
高強度活動の多い日	2813±163	1411±91	2.00±0.08

NS

TEE:総エネルギー消費量
SMR:睡眠時代謝量

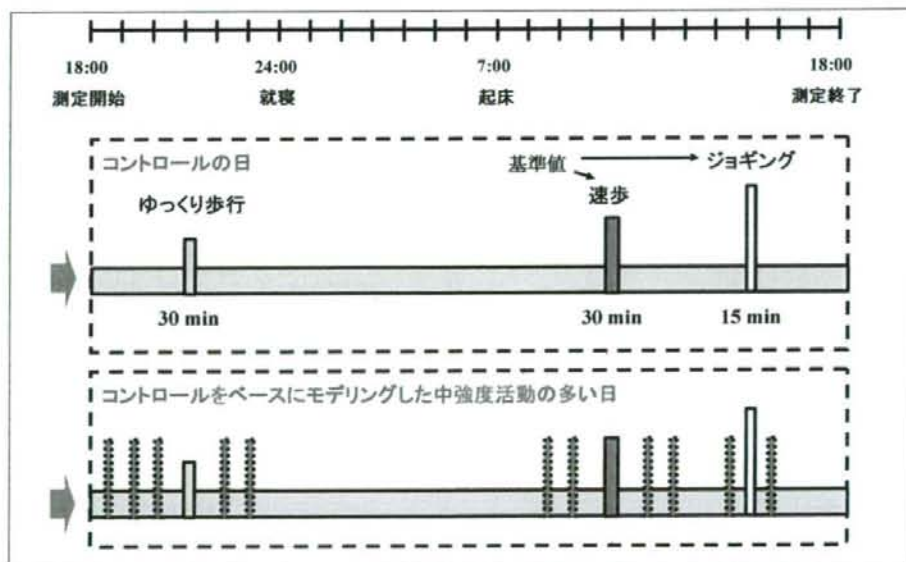


図1 コントロールの日をベースに身体活動後の代謝亢進がない場合を想定した活動量が多い2日間のモデル

表3 各プロトコルにおける身体活動後の代謝亢進量

	中強度活動の多い日	高強度活動の多い日
コントロールをベースに推定した TEE (kcal)	2781 ± 185	2784 ± 167
実測したTEE (kcal)	2816 ± 197	2813 ± 163
	P = 0.16	
	P = 0.10	
ΔPAEE (kcal)	588 ± 103	585 ± 79
APOC (kcal)	35 ± 78	29 ± 53
APOC/実測したTEE (%)	1.2 ± 2.7	1.0 ± 0.8
APOC/ΔPAEE (%)	4.4 ± 12.0	4.2 ± 8.2

APOC:身体活動後の代謝亢進量
 TEE:総エネルギー消費量
 ΔPAEE:身体活動によるC-dayからの増加分

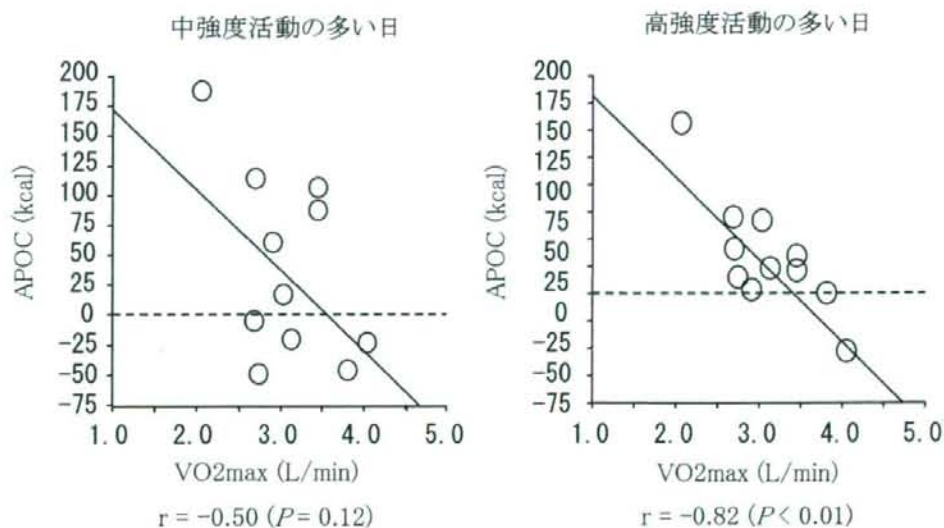


図2 APOCと最大酸素摂取量(絶対量)との相関関係

身体活動強度の指標における体格補正法

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	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 $\pm 5-6\%$ 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 $\pm 3-5\%$ 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 $\pm 3-6\%$ 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 時頃に実験室に来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来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、歩行活動のうちの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、生活活動のうちの2項目と、歩行活動のうちの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, 田中茂徳, 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 ¹ (Mean ±SE)	EE/BW _(ave.BW) ²	誤差の程度 ³ (%)
静的活動			
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
生活活動			
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	
歩行活動			
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¹: 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_(ave.)²: 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³: 平均体重より 10kg 増加することにより生じる EE/BW の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) = B / EE/BW_(ave.) × 100

*P<0.05, **P<0.001

b. EE/BMR

	EE/BMR		
	回帰係数 ¹ (Mean ±SE)	EE/BMR _(ave.BW) ²	誤差の程度 ³ (%)
静的活動			
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	
生活活動			
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	
歩行活動			
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¹: 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_(ave.)²: 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³: 平均体重より 10kg 増加することによる EE/BMR の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) = B / EE/BMR_(ave.) × 100

*P<0.05, **P<0.001

c. EE/RMR

	EE/RMR		
	回帰係数 ¹ (Mean ±SE)	EE/RMR _(ave. BW) ²	誤差の程度 ³ (%)
静的活動			
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	
生活活動			
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
歩行活動			
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¹: 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/RMR_(ave.)²: 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³: 平均体重より 10kg 増加することによる EE/RMR の差 (B) の程度

; 誤差の程度 (%) = B / EE/RMR_(ave.) × 100

*P<0.05, **P<0.001

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

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
Ganpule AA, <u>Tanaka S</u> , <u>Ishikawa-Takata K</u> , Tabata I.	Interindividual variability in metabolic rates in Japanese subjects	Eur J Clin Nutr	61(11)	1256-61	2007
Tanaka C, <u>Tanaka S</u> , Kawahara J, Midorikawa T.	Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children	Obesity	15(5)	1233-41	2007
Ohkawara K, <u>Tanaka S</u> , Miyachi M, <u>Ishikawa-Takata K</u> , 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, <u>Tanaka S</u> , Kaneko K, Koizumi K, <u>Ishikawa-Takata K</u> , Futami J, Tabata I.	Evaluation of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry	Obesity	15(12)	3031-8	2007
Ohkawara K, <u>Tanaka S</u> , <u>Ishikawa-Takata K</u> , 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	87(5)	1268-1276	2008
<u>Tanaka S</u> , Ohkawara K, <u>Ishikawa-Takata K</u> , 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
<u>田中 茂穂</u>	生活習慣病予防のための身体 活動・運動量：特集 新しい 健康づくりのための運動基準 ・指針	体育の科学	56(8)	601-607	2006
<u>田中 茂穂</u>	間接熱量測定法による1日の エネルギー消費量の評価	体力科学	55(5)	527-532	2006

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
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
田中茂穂	連載 運動・身体活動と公衆衛生 (5) 「日常生活における生活活動評価の重要性」	日本公衆衛生雑誌	55(7)	474-477	2008
田中茂穂	生活習慣病予防に関する間欠的運動の効果	体育の科学	59(3)	184-188	2009
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 health free-living Japanese estimated by doubly labelled water method and international physical activity questionnaire	Eur J Clin Nutr	62	885-891	2008
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
山本祥子, 高田和子, 別所京子, 谷本道哉, 宮地元彦, 田中茂穂, 戸谷誠之, 田畑泉	ボディビルダーの基礎代謝量と身体活動レベルの検討	栄養学雑誌	66(4)	195-200	2008
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	Public Health Nutr	9 (5)	651-657	2006
Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, et al.	Misreporting of dietary energy, protein, potassium and sodium in relation to body mass index in young Japanese women	Eur J Clin Nutr	62(1)	111-118	2007
Okubo H, Sasaki S, Rafamantanantsoa HH, Ishikawa-Takata K, Okazaki H, Tabata I	Validation of self-reported energy intake by a self-administered diet history questionnaire using the doubly labeled water method in 140 Japanese adults	Eur J Clin Nutr	62	1343-1350	2008

Yamada Y, Naito Y, Yokoyama K, et al.	Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers.	European Journal of Applied Physiology		Oct.online	2008
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
内藤義彦	運動・身体活動と公衆衛生(1) 「公衆衛生分野において運動・身体活動をどう考えるか」	公衆衛生学雑誌		186-188	2008