

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いた、健常な一般成人男女 419 名（男性 18-29 歳：40 名、30-49 歳：31 名、50-69 歳：16 名、70 歳-：16 名 女性 18-29 歳：94 名、30-49 歳：86 名、50-69 歳：103 名、70 歳-：33 名）であった。

② 測定方法

被験者には測定日の前日は激しい運動を避け、測定の前日 12 時間前までに通常通りの夕食を摂り、その後は水以外の飲食をしないように指示した。測定当日には朝食を食べずに被験者に来所してもらい、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取を行った。

呼気ガスの採取は、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 回採取した。呼気はガスメーター（DC-50、品川製作所）にて換気量を測定し、質量分析計（ARCO-1000、アルコシステム社製）を用いてガス濃度を分析して、Weir の式（Weir, 1949）により BMR を求めた。

また、早朝空腹時に、身長・体重をそれぞれ 0.1cm、0.1kg 単位で測定した。

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「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

各性別・年齢階級の実測の体重あたりの BMR は表 1 に示すとおりであった。男性の 18-29 歳、50-69 歳では日本人の食事摂取基準の基礎代謝基準値とおおむね一致する結果となったが、その他の年齢階級では 5-10%程度基準値よりも低い値を示した。特に女性において、今回の実測値が基準値より低い傾向が強かった。

また、体重と体重あたりの BMR (kcal/kg/日) の関係は、男性の 30-49 歳を除くすべての年齢階級で有意な負の相関を示した。男性の 30-49 歳では、有意ではなかったが、負の相関を示す傾向が観察された。

D. 考察

本研究で体重あたりの BMR が、実測を行ったほとんどの性別・年齢階級において日本人の食事摂取基準の基礎代謝基準値よりも低い値を示したが、除脂肪量 (fat-free mass : FFM) の経年変化と関連している可能性がある。いくつかの研究報告から、BMR にもっとも関係する要因は FFM であるとされている (Luke and Schoeller, 2002; Young, 1992; Ganpule, 2007)。FFM の減少が体重当たりの BMR の減少に影響している可能性が高い。若年女性においては FFM がかつてより減少している可能性があり (Tanaka, 1999)、体重当たりの BMR の減少とおよそ一致する (高橋, 投稿中)。DXA 法で測定された FFM のデータと体重当たりの BMR との関係性を精査する必要がある、今後の課題である。

体重当たりの BMR は体重が大きくなるほど低い値を示すことは以前から知られ

ており（薄井，2005）、昭和 50 年の栄養所要量では、基礎代謝基準値を「体表面積当たり」から「体重当たり」に切り替えるにあたって、このような問題が生じることを示し、その点を補正するために、「加算値」という考え方を提示している（田中，2005）。今回の実測の結果でも、ほとんどの性別・年齢階級において、体重当たりの BMR と体重に有意な負の相関が観察された。回帰式の係数はおよそ $-0.1 \sim -0.3$ の幅にあり、標準的な体重が 60kg 前後であるので、そこから 10kg ずれるだけで、およそ 50~150 kcal/日程度の推定誤差が生じることとなる。個人の BMR を推定する上では、一律に体重当たりの BMR で規定するのではなく、例えば推定式に切片を含める必要性が示唆される。

今回の分析において、特に男性の中高年については、十分な対象者数を用いているとはいえない。今後、あらゆる性別・年齢階級において、十分な対象者数で注意深く測定されたデータを収集し、測定値の信頼性を高める必要がある。また、FFM や身体活動量等との関係について分析を行うことも課題である。

E. 結論

本研究では基礎代謝の実測値を得ることで、現代人の体重当たりの BMR は、基礎代謝基準値よりも多くの性別・年齢階級でやや低い傾向がみられたこと、また体重の増加によって体重当たりの BMR が減少することが示された。基礎代謝基準値の値の見直しと、体重当たりの BMR を一律に定めている基準値の規定方法の見直しの必要性があると考えられる。

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.

2. 学会発表

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	21.1 ± 2.2	31	-1.2
	50-69	21.5	21.1 ± 4.5	16	-0.4
	70-	21.5	20.0 ± 1.9	16	-1.5
女性	18-29	23.6	21.4 ± 2.0	94	-2.2
	30-49	21.7	20.0 ± 3.8	86	-1.7
	50-69	20.7	19.5 ± 3.3	103	-1.2
	70-	20.7	19.5 ± 2.4	33	-1.2

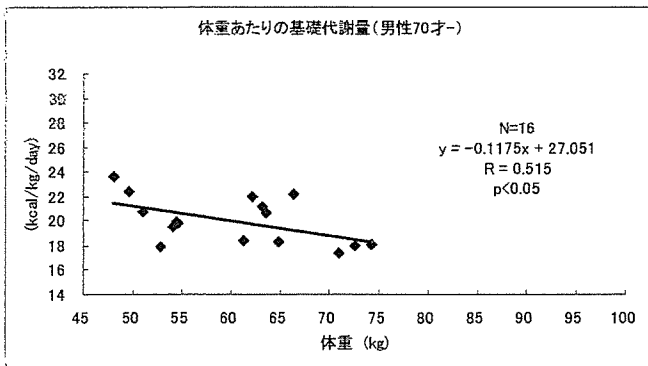
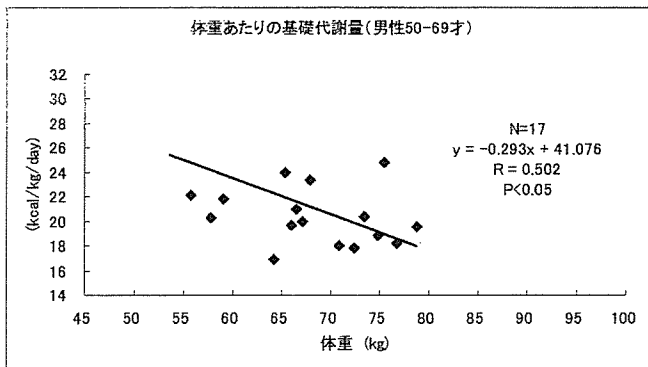
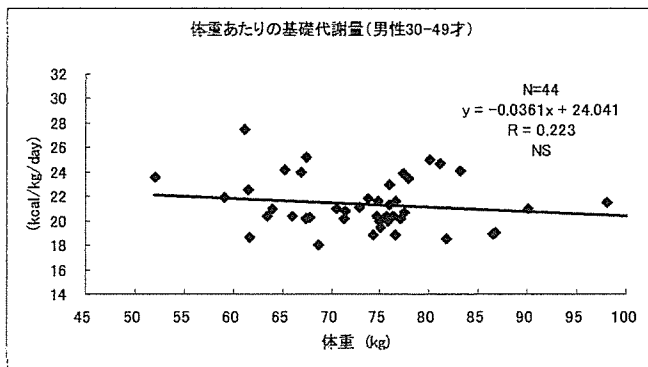
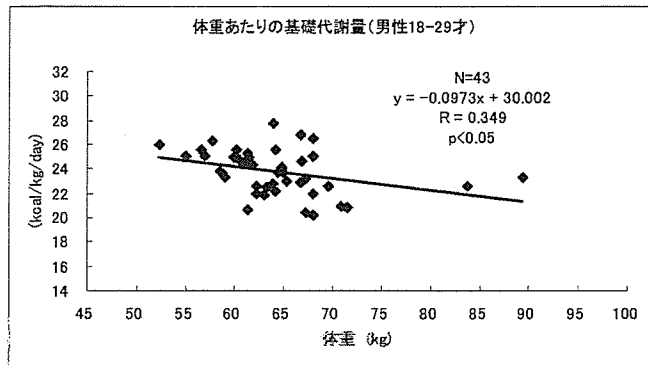


図1 体重と体重あたり基礎代謝量との関係 (男性)

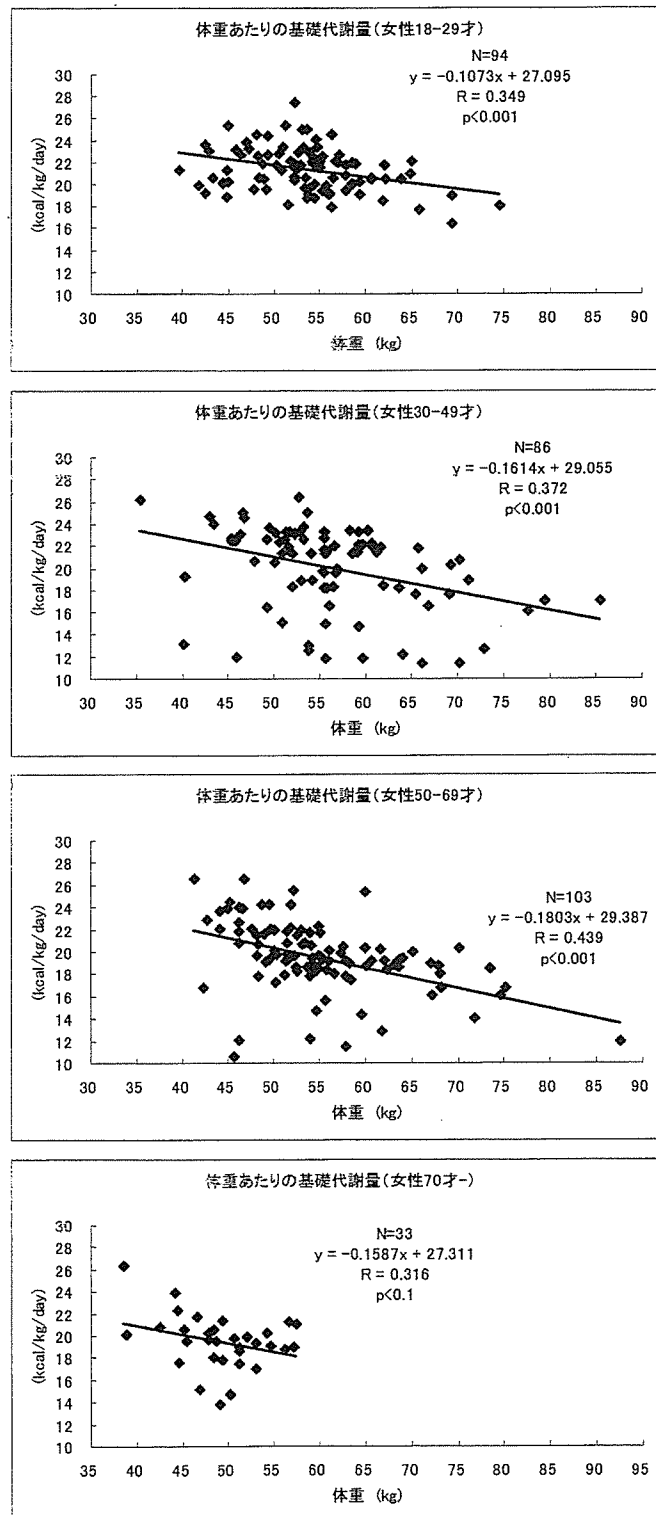


図2 体重と体重あたり基礎代謝量との関係(女性)

集団を対象とした身体活動質問紙の開発およびその適用に関する研究

分担研究者 内藤義彦 武庫川女子大学生生活環境学部

生活習慣病対策が医療制度改革の柱であることから、生活習慣に関する標準的な評価方法の確立は喫緊の課題である。そこで、本研究の目的は、多人数を対象とした妥当性の高い身体活動に関する評価方法、とくに質問紙を開発および検証することである。その際、全くに白紙の状態から開発するのではなく、既に国内の大規模疫学研究において導入されている統合研究用身体活動量質問紙(JALSPAQ)を基に、簡便かつより幅広い対象に適用できるものへの改良を目指す。

そこで、今年度は、JALSPAQ を疫学調査以外の分野に適用する場合の課題を検討した。健康教育分野に適用した結果では、身体活動量の変化を活動内容別に運動強度別に定量的に把握できること、運動の種類に関する質的な差異や強度・頻度・持続時間等の評価ができることなどの利点が確認されたが、加速度計による評価との整合性、調査に要する時間、ワーディング、入力形式など、一般的に用いるためには幾つかの課題があると考えられる。今後、それらの課題に対処した新質問紙を作成し、モデル集団に適用し併せて妥当性も検討してゆきたい。

A. 研究目的

近年、わが国では、肥満および耐糖能異常、高血圧、高脂血症等の増加が指摘されており、動脈硬化性疾患の罹患率や要介護率、さらには医療および介護に要する費用の増加が危惧されている。これらの健康異常や動脈硬化性疾患に至る流れの上流には、過食と運動不足などの不適切な生活習慣が指摘されており、生活習慣病対策の重要性は以前にも増して高まっている。

しかしながら、生活習慣に関する情報を測定・評価する方法は未だ確立しているとは言いがたい。本研究の目標は、比較的多人数の対象からなる集団の身体活動量を評価する方法を確立することである。

多人数を対象とする身体活動量の評価方法としては質問紙が一般的であるが、国が主導する大規模な調査や健康診査において妥当性の高い標準的なものは確立していない。私どもは、全国レベルで実施する循環器疾患に関する疫学共同研究のために身体活動量質問紙（JALSPAQ）を開発したが、それが上記のニーズにある程度対応していると考えている。そこで、本研究では、JALSPAQ を基に、大規模な調査や健康診査、さらには健康教育などの多くの場で適用可能なように改良することを目的とする。

B. 研究方法

某自治体の健康教育プログラムにおいて、

JALSPAQ および加速度計（生活習慣記録機：ライフコーダ Ex：スズケン社製）を用いて、プログラム前後の身体活動量を評価し、二つの身体活動量評価方法から得られる情報の差異を検討した。なお、加速度計は期間中、毎日装着してもらった。

（1）JALSPAQ による身体活動調査と分析
プログラムの開始・終了日に配布、自己記入の上、担当者が記入漏れを確認した。質問紙からの入力・分析は専用ソフトによった。各活動（睡眠、仕事、移動、家事、運動、余暇、その他）別に、活動時間、消費エネルギー量（メッツ時）を算出した。また、低強度（3メッツ未満）、中強度（3メッツ以上6メッツ未満）、高強度（6メッツ以上）の活動時間も算出した。

（2）加速度計による身体活動調査と分析
プログラムの最初の1週間は日常生活に近い生活をおくるよう指示し、翌週からはできるだけ多く歩くよう指示した。分析に当たっては、装着推定時間420分以上を満たす日を有効データとした。身体活動量に関する指標としては、歩行数と運動量、強度別（低強度、中強度、高強度）活動時間に関するデータを用いた。

（3）分析方法

プログラムの開始・終了時に実施した、2回の質問紙の回答および各時期の加速度計からの身体活動量指標の平均値を基に、これらの身体活動指標の前後比較を行った。統計的分析はSPSS(Ver.14)を用い、対応するペアに関して、対応するサンプルに関するt検定(parametric)とWilcoxonの符合順位

検定(non-parametric)を行った。

C. 研究結果

（1）JALSPAQ による身体活動量

各活動時間の平均値を前後比較すると、歩行時間が24分、運動時間が5分、各々有意に増加し、軽度な身体活動の時間が37分有意に減少した。睡眠時間、仕事時間、家事時間、余暇時間は有意な変化を認めなかった。

各活動における1日あたり消費エネルギー量（メッツ時）の平均値を前後比較すると、歩行および運動の各消費エネルギー量と総消費エネルギー量（1.12メッツ時/日）が有意に増加し、軽度な身体活動の消費エネルギー量は有意に減少した。睡眠、仕事、家事、余暇による消費エネルギー量は有意な変化を認めなかった。

各活動時間における3メッツ以上の時間の平均値を教室開始時と終了時を比較すると、歩行が24分、運動時間が6分、各々有意に増加し、1日トータルで31分有意に増加した。仕事、家事、余暇では有意な変化を認めなかった。

（2）加速度計による身体活動量

全体として、1日当たり1,000歩、40kcalの増加と推定された。加速度計は運動強度を9レベルに分類している。そこで、レベル4以上（3メッツ以上に相当）の中強度の活動時間およびレベル6以上（6メッツ以上に相当）の高強度の活動時間について前後比較を行った結果、全教室では、中強度の活動時間は100分/日、高強度の活動時間は40分の有意な増加を認めた。

D. 考察

世界的に肥満および耐糖能異常の増加傾向が指摘されており、その背景要因として食生活や身体活動といった生活習慣が重視されている。

しかしながら、それらの生活習慣を評価するための標準的な方法は未だ確立していない。

JALPAQ は公益信託日本動脈硬化予防研究基金の統合研究身体活動ワーキンググループ（メンバー:内藤義彦、原田亜紀子、北島義典、井上 茂、荒尾 孝、大橋靖雄）が開発したもので、統合研究に参加する全国の様々に地域の地域・職域の中高年層を対象に約 10 万名規模の調査が行われている。特長としては、①比較的短時間で容易に調査可能（面接チェックが望ましいが、自記式でも可）、②定量評価できる妥当性の比較的高い質問紙、③様々な活動（睡眠、仕事、移動、家事、運動、その他の余暇活動）の状況の評価できる、④運動強度の評価ができる（中等度の身体活動に時間の評価が求められている）、⑤不活動の時間（Sedentary activity）の評価が可能である、⑥運動の種目、頻度、1 回の時間、強さなどの詳しい情報が得られる、⑦身体活動量確保への意欲、運動習慣の変容ステージ、障害要因等の指導に有用と考えられる質問を含む、⑧身体活動量の自己評価を含む、などである。

ただし、この質問紙はあくまでコホート研究におけるベースライン調査の身体活動量を評価する疫学研究を目的として開発されたものであり、効率や生活指導などへの対応は十分に配慮されていない。

そこで、本研究では、JALSPAQ をベース

とし、より多数の対象に適した妥当性の高い身体活動量評価システムを開発するとともに、その妥当性検証を早急に実施し、単に疫学研究だけでなく、保健指導の現場で役立つことをめざしている。

今回の検討結果では、指導の場面で身体活動量の多寡を、活動種類別にしかも運動強度別に評価することができる。実際の指導の場面を想定したときに、生活に密着したアドバイスが可能になり有益と考えられる。また、運動では具体的な種目（種類）・頻度・持続時間・自覚的強度も確認できるので、単にエネルギーだけでなく多様な観点から身体活動を評価できるので、運動指導や運動の実態把握とともに運動疫学研究の発展にも寄与すると考えられる。また、客観性に優れる加速度計といえども把握できない情報が質問紙でこそ得られることも留意すべきと考えられる。

もつとも、質問紙は被験者の記憶や判断に頼らざるを得ない主観的な方法なので、年齢や認知能力、協力への態度などの差により評価結果に影響を受けると考えられる。したがって、精度をすこしでも向上させるためには、回答内容のロジックチェックや内容の聞き取りによる確認が望ましいと考えられる。理想的には、加速度計のような他の客観的方法と組み合わせた評価システムが望ましいと考えられる。

また、JALSPAQ は簡便性を考慮してはいるが、より多くの対象に適用する場合には改良の余地がある。今後は、質問内容の理解を促すワーディングや体裁の改良、質問項目数の減少、数字記入型から選択型へ変更、運動種目の自由記述型から半選択型への変更、入力から出力までのシステム化、

などが検討課題である。さらに、質問の内容は異なるかもしれないが、多様なライフスタイルを送っている様々な対象の身体活動量を評価すること、とくに高齢者の身体活動量の実態調査、学童への応用なども重要課題と考えられる。

今後、これらのニーズに対応した質問紙を早急に開発し、二重標識水 (DLW) 法などを gold standard として採用した妥当性研究を実施するとともに、モデル地域における実用性の検証を平行して実施してゆく必要があると考えられる。

E. 結論

大規模疫学研究で妥当性が検証されている JALSPAQ を基に、大規模な調査や健康診査、さらには健康教育などの多くの場で適用可能な、妥当性の高い身体活動量の評価方法を確立することを目指している。本研究では、現在の JALSPAQ の有用性と問題点を検討し、今後の質問紙改良の課題を把握することができた。この調査結果を踏まえ、新質問紙を作成し、モデル集団を設定し妥当性の検討および実用性を検証してゆきたい。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Sato S, Iso H, Noda H, Kitamura A, Imano H, Kiyama M, Ohira T, Okada T, Yao M, Tanigawa T, Yamagishi K, Nakamura M, Naito Y, Shimamoto T. Plasma fibrinogen concentrations and risk of stroke and its subtypes among Japanese men and women, *Stroke*: 37 (10) : 2488-92, Epub, 2006
- 2) Naito Y. The Effect of Aqua-exercise on

Impairment Glucose Tolerance by Randomized Controlled Trail using Accelerometer, *Med Sci Sports Exerc*: 38(5): 664, 2006.

- 3) 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

2. 学会発表

- 1) 内藤義彦, 他. 糖尿病予備軍への水中運動教室 - (第4報) 生活習慣の変化の評価方法. 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006.
- 2) 内藤義彦, 他. 都市における肥満および循環器疾患発症と若年期における定期的運動習慣との関連. 第61回日本体力医学会大会 (神戸), 2006.
- 3) 森 國悦, 内藤義彦, 他. 地域における水中運動教室の効果 (第3報) - 医療費効果の検討, 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006.
- 4) 吹野 洋子, 内藤義彦, 他. 緑茶飲用の糖代謝-脂質代謝への影響. 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006.
- 5) 柳田昌彦, 内藤義彦, 他. 青壮年者の生活習慣病予防のための長期介入研究 (第23報) - 4年間の身体活動の推移 -. 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006.
- 6) 斉藤 功, 内藤義彦, 他. IGT を考慮した場合のメタボリックシンドローム有病率. 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006.
- 7) 三宅耕三, 内藤義彦, 他. 頸部動脈硬化とメタボリックシンドロームの関連性について - 明日香村研究を基にして -. 第65回公衆衛生学会総会 (富山), 2006
- 8) 松元清美, 内藤義彦, 他. メタボリックシンドロームの診断基準についての検討

(第一報) . 第 65 回公衆衛生学会総会 (富山) , 2006

9) 添田雅義、内藤義彦、他. メタボリックシンドロームの診断基準についての検討 (第二報) . 第 65 回公衆衛生学会総会 (富山) , 2006

10) 秦野昌美、内藤義彦、他. 生活習慣改善を重視した減量プログラム実施による腹囲、内臓及び皮下脂肪量減少効果. 第 65 回公衆衛生学会総会 (富山) , 2006

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

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

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 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

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、BMI 22.8 ± 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 $\approx 1.9 \sim 2.0$) 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 (VO_{2max}) は 47.3 ± 8.3 mL/min/kg で、各身体活動における強度 (% VO_{2max}) 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、 VO_{2max} 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、やや高めの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

TEE: 総エネルギー消費量
SMR: 睡眠時代謝量

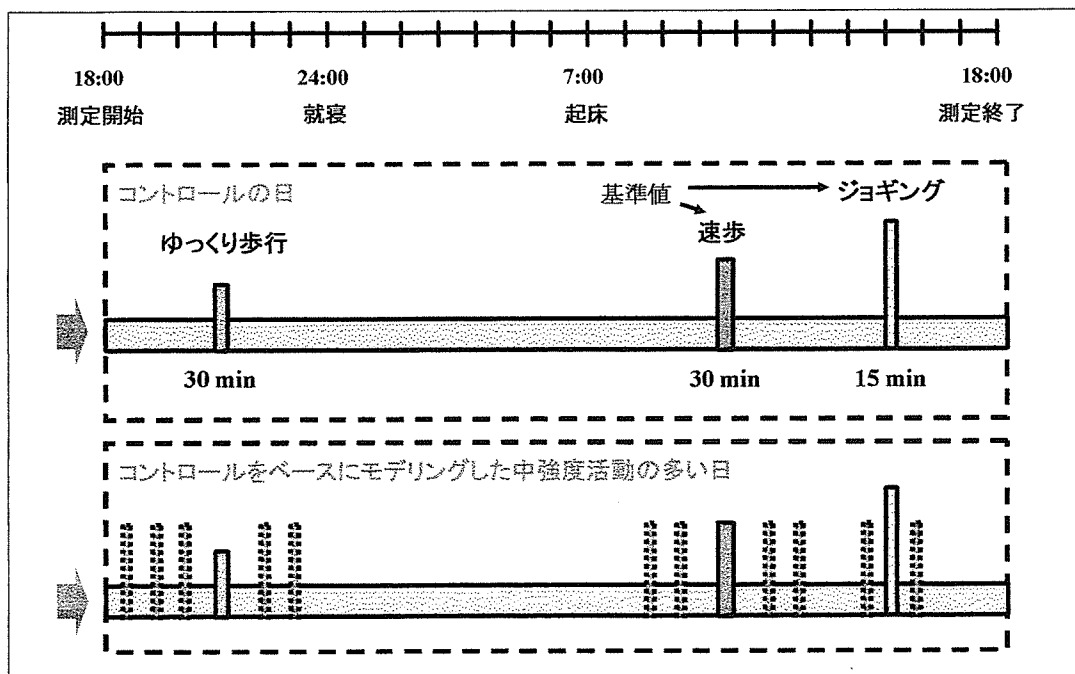


図1 コントロールの日をベースに身体活動後の代謝亢進がない場合を想定した活動量が多い2日間のモデル

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	
Δ PAEE (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/Δ PAEE (%)	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
 Δ PAEE: 身体活動によるC-dayからの増加分

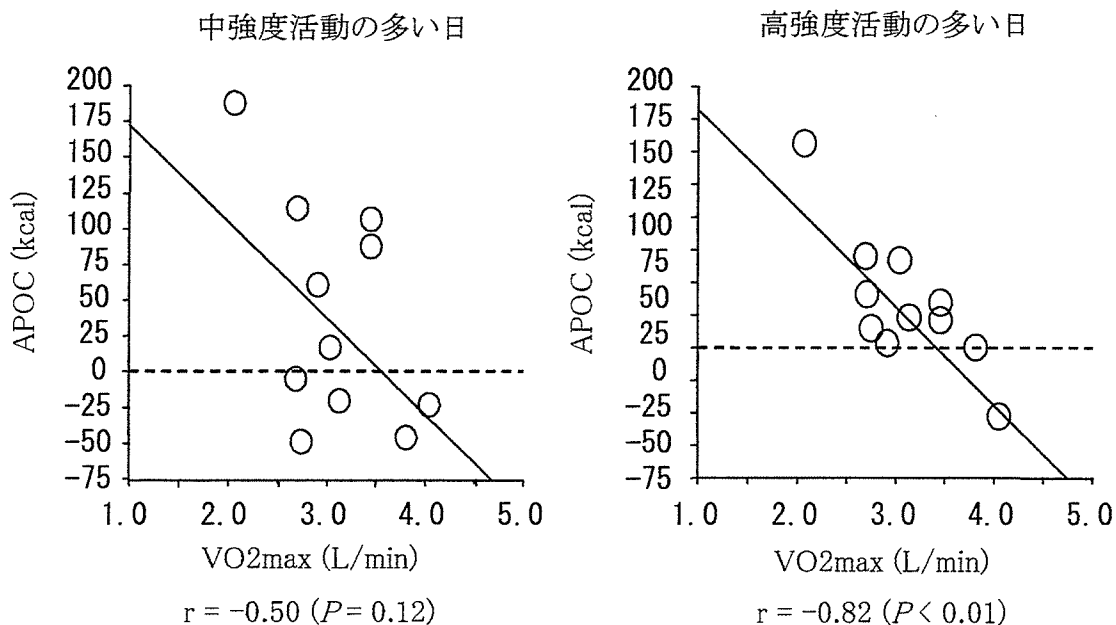


図2 APOCと最大酸素摂取量(絶対量)との相関関係

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
なし							

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		Epub ahead of print	2007
Tanaka C, <u>Tanaka S</u> , Kawahara J, Midorikawa T.	Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children	Obesity	15	in press	2007
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
田中 茂穂	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
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
Okubo H, <u>Sasaki S</u> , 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