

厚生労働科学研究委託費

循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業

身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究

(H26 - 循環器等実用化 - 一般 - 018)

平成26年度 総括研究報告書

研究代表者 宮地 元彦

平成27年(2015)年3月

目 次

| | |
|---|----|
| I . 総括研究報告 | |
| 身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究 | 1 |
| 宮地元彦 | |
| . 分担研究報告 | |
| 1 . 身体活動の指標や評価法に関する文献研究 | 5 |
| 中田由夫 | |
| 2 . 活動量計やライフログによる身体活動量推定法の互換性に関する研究 ~ 15 日間の自由生活における検討 ~ | 9 |
| 村上晴香、川上諒子、田中茂穂、高田和子、中江悟司、 山田陽介、宮地元彦 | |
| 3 . 活動量計やライフログによるエネルギー消費量推定法の妥当性・互換性 メタボリックチャンバー法を用いた検討 | 14 |
| 川上諒子、村上晴香、宮地元彦 | |
| 4 . 加速度計による身体活動量評価の検討 | 18 |
| 高田和子 | |
| 5 . ヒューマンカロリーメーターを用いたメッツ表の妥当性の検討 | 21 |
| 田中茂穂、中江悟司、山田陽介 | |
| 6 . 身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究 | 25 |
| 宮地元彦、田中茂穂、中江悟司 | |

厚生労働科学研究委託費
 (循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
 身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

総括研究報告書

研究代表者 宮地元彦
 独立行政法人国立健康・栄養研究所

<目的> 身体活動量や運動量を客観的で簡便に測定する方法ならびに指標や測定方法の国際的な標準化のための研究開発を行うこと。

<方法> 3つの研究班を構成し、研究を遂行した。

- 1) 身体活動の指標や評価法に関する文献研究(文献調査・研究)
- 2) 身体活動量やエネルギー消費量の妥当性と互換性に関する研究(妥当性研究)
- 3) 身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究(一般化研究)

<研究成果> 本研究ではこれまでに4回の推進ミーティング(班会議)を開催し、3つの研究班が連携を取りつつ研究を遂行し、以下の成果を得た。

- 1) 文献調査研究: 我が国を代表する14の身体活動質問票の本研究への使用許可を各疫学研究の責任者より得た。今後、使用許可が得られた質問票について、活動量計やDLW法との比較により、妥当性ならびに比較可能性を検討していく。
- 2) 妥当性研究: 二重標識水法とメタボリックチャンパー法を標準法とし、13機種種の活動量計とライフログの妥当性と互換性を検討した。活動量計やライフログによる総エネルギー消費量は2つの標準法より大きく低値を示す機種種がいくつかあった。また、機種種間の最大値と最小値において総エネルギー消費量で約500kcal、歩数で約2000歩の差が見られた。
- 3) 一般化研究: メッツ表とアクティブガイドで提案されている+10をベースに、10分間の身体活動や運動で消費するエネルギー量(kcal)に置換した表を作成した。また、メッツ表を改定するための研究の一部を実施した。

A. 背景と目的

健康づくりのための身体活動基準 2013では、今後の検討課題として「体力や運動量を客観的で簡便に測定する方法ならびに指標や測定方法の国際的な標準化のための研究開発」が指摘されている。そこで、本研究では、身体活動量や運動量を客観的で簡便に測定する方法ならびに指標や測定方法の国際的な標準化のための研究開発を行う。さらに、指標や測定方法、測定精度の検証の提案に留まらず、それらの一般化の可能性についても検討する。

確実な行政研究成果をあげるための研究計画を慎重に定め、平成26年度末の報告書作成に円滑に結びつくよう3つの研究班を構成し、研究を遂行した。

- 1) 身体活動の指標や評価法に関する文献研究(文献調査・研究)

- 2) 身体活動量やエネルギー消費量の妥当性と互換性に関する研究(妥当性研究)
- 3) 身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究(一般化研究)

図1に本研究の平成26年度の研究計画を含む3年間の研究計画を示した。

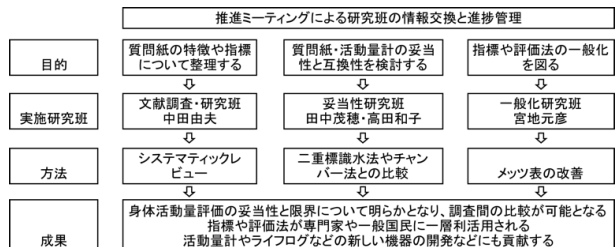


図1. 3年間の研究計画

B. 方法

B-1. 文献調査研究(分担:中田)

我が国の疫学研究で使用された身体活動量や運動習慣に関する質問紙を収集し、その質問紙の特徴や算出される指標について整理した。国レベルでの調査で利用される質問紙についてもレビューの対象とする。具体的には GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire)、IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)「標準的な健診・保健指導プログラム(確定版)」の標準的な質問票の身体活動に関する質問、国民健康・栄養調査における運動習慣調査などがあげられる。本年度は質問票の選択と収集ならびに翻訳とその背景にある妥当性等を検討した文献の収集を実施する。

B-2. 妥当性研究(分担:村上、高田、田中)

<活動量計やライフログによるエネルギー消費量推定法の妥当性・互換性に関する研究>

男女10名ずつの成人20名を対象とする。研究開始時に総エネルギー消費量を求めるための二重標識水(DLW)を摂取する。その後、各参加者は15日間にわたり複数の活動量計を装着し、通常的生活を送る。装着する活動量計は、計13機種とした。15日の期間中に、DLW法のための採尿を定期的実施する。また、15日の前後に、1昼夜にわたり国立健康・栄養研究所のメタボリックチャンパー内で生活し、総エネルギー消費量を測定する。さらに、文献調査研究で整理された複数の質問票に全て回答する。DLW法とチャンパー法で得られたエネルギー消費量や身体活動量を標準とし、質問紙や活動量計から推定されるエネルギー消費量や身体活動量を比較し、妥当性を検討する。また、質問票の間や活動量計の間の差を分析し、互換性を検討する。本年度は研究班会議で研究プロトコルを検討・確立し、倫理審査書類の作成・申請・審査・承認、ならびに20名中6名を対象とした研究を実施した。

<加速度計による身体活動量評価の二重標識水法による妥当性の検討>

新しく開始する上記研究以外に、本研究

所で以前から進めてきた活動量計による身体活動量評価の二重標識水法による妥当性の検討に関するデータも改めて再分析することとした。二重標識水法による総エネルギー消費量の評価時に、ライフコーダーEX(スズケン)、Actimarker(パナソニック)、Active style pro(オムロン)の3種類の加速度計を同時に装着した者を対象とし、自由生活下における1~2週間の身体活動量を測定した。それらから、二重標識水法及び加速度計法による1日の総エネルギー消費量、身体活動エネルギー消費量などを比較した。

B-3. 一般化研究(田中、宮地)

<身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究>

身体活動量の単位は、学術的に強度の単位であるメッツ(METs)と実施時間(h)の積であるメッツ・時が用いられているが、身体活動や運動の専門家以外には理解し難いことが指摘されてきた。身体活動量の算出にはアメリカスポーツ医学会などを中心に作成されたメッツ表が利用されている。そこで本研究では、メッツ表とアクティブガイドで提案されている+10(プラス・テン)、今より10分多くからだを動かすことをベースに、10分間の身体活動や運動で消費するエネルギー量(kcal)に置換した表を作成した。

<ヒューマンカロリメーターを用いたメッツ表の妥当性の検討>

ヒューマンカロリメーターを用いて、メッツ表による身体活動レベル(=24時間の総エネルギー消費量÷基礎代謝量)推定の妥当性を検証した。6名の対象者に、ヒューマンカロリメーターで、低強度から速歩までの様々な活動を規定して24時間生活してもらった。時間帯毎にメッツ表から最も活動内容が近いと考えられる活動を選び、それらのメッツ値から推定した身体活動レベルを実測値と比較した。以下の2種類の方法で、それぞれの時間帯毎のメッツ値を推定した。

メッツ表を利用

メッツ表から、最も類似と考えられる活動のメッツ値を選択した

ヒューマンカロリーメーターやダグラスバッグ法を用いて論文で報告された値を利用

C. 結果

C-1. 文献調査研究

本研究の対象とした質問紙として、以下の質問票を選択した。

- 1) JPHC Study (Japan Public Health Center-based Prospective Study)
- 2) JACC Study (Japan Collaborative Cohort Study)
- 3) JALS (Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study)
- 4) J-MICC study (日本多施設共同コホート研究)
- 5) JAGES (Japan Gerontological Evaluation Study)
- 6) NIPPON DATA 80/90/2010
- 7) 宮城県・大崎国民健康保険コホート
- 8) 久山町研究
- 9) 東京ガススタディ
- 10) JMS (Jichi Medical School) コホート
- 11) 「標準的な健診・保健指導プログラム(確定版)」の標準的な質問票の身体活動に関する質問
- 12) 国民健康・栄養調査における運動習慣調査
- 13) GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire)
- 14) IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)

上述の質問票の本研究への使用許可を各疫学研究の責任者に問い合わせ、一部調整中の質問票を除き使用許可を得た。今後、使用許可が得られた質問票について、妥当性ならびに比較可能性を検討していく。

C-2. 妥当性研究

<活動量計やライフログによる身体活動量推定法の互換性に関する研究～15日間の自由生活における検討～>

15日間における12機種の平均の1日総エネルギー消費量は 2021.9 ± 377.2 kcal/dayであった。最も少ない総エネルギー消費量を示した機種は、JAWBONE UP24であり 1740.0 ± 292.9 kcal/dayであった。最も高い総エネルギー消費量を示した機種はActive Style Pro

(OMRON)であり、 2255.4 ± 443.3 kcal/dayであった。また、歩数においては、平均 9808.4 ± 4000.3 歩であり、最も少ない歩数を示した機種はカロリズム(TANITA)(8569.2 ± 4193.4 歩)であり、最も多い歩数を示した機種はFitbit flex(10970.3 ± 4044.5 歩)であった。

DLW法により評価された総エネルギー消費量との関連における検討では、Active Style Pro、カロリスキャン、カロリズムがidentical lineに近似した相関を示した。また、全体を俯瞰してみると、概ね全ての活動量計が総エネルギー消費量を過小評価していた。

<活動量計やライフログによるエネルギー消費量推定法の妥当性・互換性～メタボリックチャンパー法を用いた検討～>

メタボリックチャンパー法により評価した総エネルギー消費量は 2149 ± 218 kcalであった。最も少ない平均値だったのはWithingsの 1815.8 kcalで、最も多かったのはオムロン(ポケット) 2341.0 kcalと両者の差は 525.2 kcalと大きかった。JawboneとGarminとWithingsはメタボリックチャンパー法によって評価した総エネルギー消費量よりもおよそ 300 kcal低かった。次いで、ActiGraphにおいて過小評価の傾向がみられた。

13機種の平均歩数は 12937 ± 437 歩であり、Withingsで最も少ない平均歩数となり(11771 歩)、Epsonで最も多かった(15303 歩)。腕に装着するタイプの歩数が、腰に装着や胸ポケットに入れるタイプの歩数よりも 2000 歩ほど高い値を示した。

<加速度計による身体活動量評価の二重標識水法による妥当性の検討>

対象は、男性67名、女性25名で年齢は平均 40.4 ± 9.4 歳(20~59歳)であった。BMIの平均は、男性で 23.8 ± 4.4 kg/m²、女性で 20.9 ± 2.2 kg/m²であった。

DLW法と加速度計で測定した総エネルギー消費量や身体活動エネルギー消費量はいずれもDLW法が最も大きく、ライフコーダーが最も小さかった。歩数の平均値は、ライフコーダー、AActimarker、Active Style Proの順に小さくなり、最大と最小では約 1500 歩の差がみられた。

全体にライフコーダーはやや低値に分布し、Actimarker は、一部のデータが大きく外れていた。

C-3. 一般化研究

<身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究>

ユーザーが利用目的に応じて使い分けられるよう、単純にその活動のみに費やしたエネルギー消費量、または、その活動を実施していた時間に費やすであろう安静時代謝量を含んだ総エネルギー消費量の 2 種類のメッツ表を作成した。

<ヒューマンカロリーメーターを用いたメッツ表の妥当性の検討>

ヒューマンカロリーメーターで測定した 24 時間の総エネルギー消費量を基礎代謝量で割った身体活動レベルの平均値は、1.65 であった。それに対し、 のメッツ表を用いた推定法では 1.83、 の栄研の実測値に基づく推定法では 1.67、という推定値が得られた。 では、1.3 メッツ以下の低強度活動を中心に、メッツ表とは異なる推定値を採用したが、 の方が実測値に近い値が得られた。

D. まとめ

本研究班への補助金交付内定から 7 ヶ月と研究期間に限りがあったが、当初設定した計画通りもしくはそれ以上の進捗で研究を遂行できたと自己評価する。

本研究ではこれまでに 4 回の推進ミーティング（班会議）を開催し、代表者、3 名の分担者、6 名の協力者が 3 つの研究を分担するとともに、情報交換を密接に取りながら効果的に遂行した。

本年度の成果を以下の通り要約する。

1. 文献調査研究

我が国を代表する 14 の身体活動質問票の本研究への使用許可を各疫学研究の責任

者より得た。今後、使用許可が得られた質問票について、活動量計や DLW 法との比較により、妥当性ならびに比較可能性を検討していく。

2. 妥当性研究

二重標識水法とメタボリックチャンバー法を標準法とし、13 機種 of 活動量計とライフログの妥当性と互換性を検討した。活動量計やライフログによる総エネルギー消費量は 2 つの標準法より大きく低値を示す機種がいくつかあった。また、機種間の最大値と最小値において総エネルギー消費量で約 500kcal、歩数で約 2000 歩の差が見られた。

3. 一般化研究

メッツ表とアクティブガイドで提案されている +10 をベースに、10 分間の身体活動や運動で消費するエネルギー量（kcal）に置換した表を作成した。また、メッツ表を改定するための研究の一部を実施した。

E. 健康危険情報

なし

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

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

平成 26 年度分担研究報告

身体活動の指標や評価法に関する文献研究

研究分担者 中田由夫
筑波大学 医学医療系 准教授

<目的> 西欧諸国や我が国の疫学研究で使用された身体活動量や運動習慣に関する質問紙を収集し、その質問紙の特徴や算出される指標について整理する。さらに、近年注目されている座位行動の質問紙や指標についても同様のレビューを実施する。さらに、国際レベル、国レベルでの調査で利用されている質問紙についてもレビューの対象とする。具体的には GPAQ(Global Physical Activity Questionnaire)、IPAQ(International Physical Activity Questionnaire)「標準的な健診・保健指導プログラム(確定版)」の標準的な質問票の身体活動に関する質問、国民健康・栄養調査における運動習慣調査などがあげられる。本年度は質問票の選択と収集ならびに翻訳とその背景にある妥当性等を検討した文献の収集を実施する。

<方法> 文献レビューについては、PubMed を用いた文献検索をおこない、関連する論文を収集する。実際に使用されている質問票については、各研究グループの研究代表者に個別に連絡し、本研究の趣旨を伝え、使用許可を得る。

<結果> 国内外で利用されている身体活動質問票を収集した。我が国の代表的なコホート研究で使用されている質問票については、研究代表者に連絡し、使用許可を得た。

<まとめ> 国内外ではさまざまな身体活動質問票が使用されている。それぞれの比較可能性を検証することは、研究統合の際に貴重な基礎資料となる。

A．背景と目的

過去に身体活動に関する多くの疫学研究が実施されてきたが、それらでは様式も分量も異なる多様な質問票が用いられている。身体活動基準 2013 では、「体力や運動量を客観的で簡便に測定する方法ならびに指標や測定方法の国際的な標準化のための研究開発」が今後の検討課題として指摘されている。そこで、本研究では、西欧諸国や我が国の疫学研究で使用された身体活動量や運動習慣に関する質問紙を収集し、その質問紙の特徴や算出される指標について整理する。さらに、近年注目されている座位行動の質問紙や指標についても同様のレビューを実施する。さらに、国際レベル、国レベル

での調査で利用されている質問紙についてもレビューの対象とする。具体的には GPAQ (Global Physical Activity Questionnaire)、IPAQ (International Physical Activity Questionnaire)「標準的な健診・保健指導プログラム(確定版)」の標準的な質問票の身体活動に関する質問、国民健康・栄養調査における運動習慣調査などがあげられる。本年度は質問票の選択と収集ならびに翻訳とその背景にある妥当性等を検討した文献の収集を実施する。

B．国外で使用されている質問票

国外で使用されている身体活動質問票については、1997 年の Med Sci Sports

Exerc 誌に Pereira et al.により、代表的な 28 の質問票がまとめられている。そのリストは下記の通りである。

- 1) The Aerobics Center Longitudinal Study Physical Activity Questionnaire
- 2) Baecke Questionnaire of Habitual Physical Activity
- 3) Bouchard Three-Day Physical Activity Record
- 4) CARDIA Physical Activity History
- 5) Framingham Physical Activity Index
- 6) Godin Leisure-Time Exercise Questionnaire
- 7) Health Insurance Plan of New York (HIP) Activity Questionnaire
- 8) Historical Leisure Activity Questionnaire
- 9) The Physical Activity Questionnaires of the Kuopio Ischemic Heart Disease Study (KIHD)
- 10) Lipid Research Clinics Questionnaire
- 11) Minnesota Leisure-Time Physical Activity Questionnaire
- 12) Modifiable Activity Questionnaire
- 13) Modifiable Activity Questionnaire for Adolescents
- 14) Paffenbarger Physical Activity Questionnaire
- 15) Seven-Day Physical Activity Recall
- 16) Stanford Usual Activity Questionnaire
- 17) Tecumseh Occupational Physical Activity Questionnaire
- 18) Modified Baecke Questionnaire for Older Adults
- 19) Physical Activity Scale for the Elderly
- 20) YALE Physical Activity Survey
- 21) Zutphen Physical Activity Questionnaire
- 22) Behavioral Risk Factor Surveillance System
- 23) Canada Fitness Survey

- 24) The MONICA Optional Study of Physical Activity (MOSPA)
- 25) National Children and Youth Fitness Study I & II
- 26) National Health Interview Survey
- 27) National Health and Nutrition Examination Survey I, II, and III
- 28) Youth Risk Behavior Survey

さらに、National Cancer Institute のホームページでは、113 の身体活動質問票がリストされており、83 の質問票については、その妥当性が検証されている。

C. 国内で使用されている質問票

国際的に使用されている質問票の日本語版としては、IPAQ と GPAQ があげられる。IPAQ は 1996 年から 2000 年にかけて、WHO のワーキンググループによって開発された質問紙で、9 項目から成る IPAQ-short と 31 項目から成る IPAQ-long がよく用いられている。特徴としては、IPAQ-short は少ない質問項目で身体活動量を評価できるが、仕事、移動、余暇などの場面別での評価ができない。一方、IPAQ-long では、質問項目は多くなるが、場面別の評価が可能となる。GPAQ は、2002 年に WHO のワーキンググループによって開発された質問紙であり、IPAQ-long より少ない質問項目で、場面別の評価を可能とした身体活動質問票である。GPAQ 第 1 版は 19 項目から成る質問票であったが、その信頼性と妥当性を検証する取り組みの中で提起された問題点の修正を図り、2005 年に GPAQ 第 2 版が作成されている。なお、IPAQ 日本語版については、村瀬らにより 2002 年に信頼性と妥当性が報告されている。GPAQ については、中田らにより 2014 年に日本語版が作成され、現在、信頼性と妥当性が検証されているところである。

我が国の疫学研究で使用された身体活動量や運動習慣に関する質問紙としては、以下の質問票をリストしている。

- 1) JPHC Study (Japan Public Health Center-based Prospective Study)
- 2) JACC Study (Japan Collaborative Cohort Study)
- 3) JALS (Japan Arteriosclerosis

Longitudinal Study)

- 4) J-MICC study (日本多施設共同コホート研究)
- 5) JAGES (Japan Gerontological Evaluation Study)
- 6) NIPPON DATA 80/90/2010
- 7) 宮城県・大崎国民健康保険コホート
- 8) 久山町研究
- 9) 東京ガススタディ
- 10) JMS (Jichi Medical School) コホート
- 11) 「標準的な健診・保健指導プログラム(確定版)」の標準的な質問票の身体活動に関する質問
- 12) 国民健康・栄養調査における運動習慣調査

それぞれの質問紙が評価している内容については表1にまとめた。なお、一部の質問票については、使用許可に関して、調整中のものが含まれる。今後、使用許可が得られた質問票について、比較可能性を検討していくことが必要である。

E. まとめ

国内外ではさまざまな身体活動質問票が使用されている。それぞれの比較可能性を検証することは、研究統合の際に貴重な基礎資料となる。

F. 健康危険情報

問題なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

中田由夫他、世界標準化身体活動質問票と加速度計による中強度以上身体活動時間：Bout を考慮した比較、第69回日本体力医学会大会、2014

中田由夫他、世界標準化身体活動質問票と加速度計による身体活動ガイドライン達成者の一致度、第73回日本公衆衛生学会総会、2014

Nakata Y et al. Responsiveness of physical activity evaluated with GPAQ during a weight loss intervention in overweight Japanese adults. The 25th Annual Scientific Meeting of the Japan Epidemiological Association, 2015

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

表1 国内で使用されている身体活動質問リストと評価内容

| | 運動・身体活動 | | | 仕事 | | | 家事 | | | 移動 | | | 余暇 | | | |
|-------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 有無 | 頻度 | 時間 | 強度 | 有無 | 頻度 | 時間 | 強度 | 有無 | 頻度 | 時間 | 強度 | 有無 | 頻度 | 時間 | 強度 |
| JPHC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JACC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JALS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J-MICC | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JAGES | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NIPPON DATA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 宮城県・大崎国保 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 久山町 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 東京ガス | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JMS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IPAQ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GPAQ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 標準的な質問票 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 国民健康・栄養調査 | | | | | | | | | | | | | | | | |

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

活動量計やライフログによる身体活動量推定法の互換性に関する研究
～15日間の自由生活における検討～

村上晴香(研究協力者) 川上諒子(研究協力者) 田中茂穂(研究分担者)
高田和子(研究分担者) 中江悟司(研究協力者) 山田陽介(研究協力者)

研究代表者 宮地元彦
独立行政法人国立健康・栄養研究所

<目的> 身体活動量や運動量の評価方法は、研究において質問紙法や歩数計、活動量計などまちまちである。また、近年、消費者向けの“ライフログ”と呼ばれる活動量計についても多数販売がされている。本研究では、これら活動量計やライフログについて、それらの妥当性および互換性を明らかにするために検討を行った。

<方法> 妥当性および互換性を検討する活動量計の機種選定のための採択基準を設け、これらを満たすものを本研究に用いた。本年度において、6名の成人男女が対象とされた。被験者は、総エネルギー消費量のスタンダードとなる二重標識水法(DLW法)のためにDLWを摂取した後、15日にわたり、選定された活動量計を装着し、日常生活を送った。15日間の装着後、スマートフォン等と連携した活動量計については、スマートフォンに示されている1日あたりの総エネルギー消費量や歩数についてデータを抽出した。また、調査・研究用に使用されている活動量計については、付随のアプリケーションからデータを抽出した。

<結果> 15日間における12機種の平均の1日総エネルギー消費量は 2021.9 ± 377.2 kcal/dayであった。最も少ない総エネルギー消費量を示した機種は、JAWBONE UP24であり 1740.0 ± 292.9 kcal/dayであった。最も高い総エネルギー消費量を示した機種はActive Style Pro(OMRON)であり、 2255.4 ± 443.3 kcal/dayであった。また、歩数においては、平均 9808.4 ± 4000.3 歩であり、最も少ない歩数を示した機種はカロリズム(TANITA) (8569.2 ± 4193.4 歩)であり、最も多い歩数を示した機種はFitbit flex(10970.3 ± 4044.5 歩)であった。さらにDLW法により評価された総エネルギー消費量との関連における検討では、Active Style Pro、カロリスキャン、カロリズムがidentical lineに近似した相関を示した。また、全体を俯瞰してみると、概ね全ての活動量計が総エネルギー消費量を過小評価していた。

<まとめ> 本年度においてDLW摂取後の15日間における活動量計装着を終了した6名を対象に、13機種における互換性・妥当性についての検討を行った。同じ指標である総エネルギー消費量であっても、機種間で最大500kcal/dayの差が認められた。歩数については、平均2400歩の差が認められた。DLW法により評価された総エネルギー消費量との関連における検討では、Active Style Pro、カロリスキャン、カロリズムがidentical lineに近似した相関を示した。次年度において、被験者数を増やし、詳細な検討を加える。

A. 背景と目的

身体活動量や運動量が、様々な疾患や死亡のリスク低下に関与していることは多くの疫学研究により明らかである。しかしながら、身体活動量や運動量の測定・評価方法は、質問紙法や歩数計・活動量計法など様々である。また、近

年、“ライフログ”と呼ばれる一種の活動量計が消費者向けに多数販売がされ、調査・研究のためのツールとして活用が始まっている。調査・研究やガイドライン等において、疾患予防や死亡率低減の効果が期待できる身体活動量や運動量の基準値等が提示されたとしても、ユー

ザーや指導者が使用する方や機器の妥当性が不十分では、利活用の場面が限られてくる。このような問題を解決するために、様々なタイプの活動量計やライフログの示す値がどの程度異なっているのかを明らかにし、それぞれの機器が示す身体活動量の値に互換性があるかを知ることが重要である。そこで本研究は、様々な活動量計やライフログについて、それらの妥当性および互換性を明らかにすることを目的とした。

B. 方法

B-1. 妥当性および互換性の検討を行う活動量計の選定

本研究において妥当性および互換性を検討する活動量計の機種選定のために、下記の採択基準を設定した。

- 1) 調査・研究において広く使用がなされているもの (PubMed による検索)
- 2) 消費者向けに開発された活動量計であり、スマートフォンや Web によりリアルタイムで身体活動量の確認が可能なもの
- 3) 日本において売上が多く相応のシェアが認められるもの (価格.com 等のサイトにより売上ランキングが 20 位以内に入っているもの)
- 4) 身体活動の専門家の観点から今後の普及が期待されるもの

B-2.15 日間の自由生活中における身体活動量の評価

平成 26 年度は、6 名の成人男女が対象とされた。妥当性検証のために、スタンダードとなる 2 重標識水法 (DLW 法) による総エネルギー消費量が測定された (尿サンプルの解析が終了したばかりなので、本報告書では仮報告)。被験者は、約 10 時間の絶食後、ベースラインとなる尿の採取を行った後、体重 \times 1.5g の DLW を摂取した。その後、15 日にわたり、選定された活動量計を装着し、日常生活を送った。この 15 日のうち、8 日間において尿サンプルが採取され、DLW 法による総エネルギー摂取量算出のために用いられた。腕に装着し睡眠時の活動を記録できる 5 機種に関しては、睡眠中も装着することとした。なお、入浴などの水中での活動中は全ての機種を非装着とした。

15 日間の装着後、スマートフォン等と連携した活動量計については、スマートフォンに示されている 1 日あたりの総消費エネルギーや歩

数についてデータを抽出した。また、調査・研究用に使用されている活動量計については、付随のアプリケーションからデータを抽出した。

C. 結果

C-1. 妥当性および互換性の検討を行う活動量計の選定

消費者向けの活動量計を選定するため 2014 年 11 月時点において、インターネットを利用した検索を行った。その結果、PULSESENSE (EPSON, JAPAN)、ムーブバンド (Docomo, JAPAN)、カロリスキャン、Active Shift EDGE (Omron, JAPAN)、Smart Band (Sony, JAPAN)、東芝活動量計 actiband (東芝, JAPAN)、リストバンドタイプ活動量計 (ELECOM, JAPAN)、活動量計カロリズム (TANITA, JAPAN)、JAWBONE UP24 (JAWBONE, USA)、Fitbit flex (fitbit, USA)、Misfit Shine (Misfit Wearables, USA)、Nike +FuelBand (Nike, USA)、Polar Loop (Polar Electro, Finland)、Withings Pulse (Withings, France)、vivofit (GARMIN, USA) などが候補として挙げられ、本研究における採択基準により、下記 8 機種が選ばれた。

- ・ PULSESENSE (EPSON, JAPAN)
- ・ カロリスキャン (OMRON, JAPAN)
- ・ カロリズム (TANITA, JAPAN)
- ・ JAWBONE UP24 (JAWBONE, USA)
- ・ Fitbit flex (fitbit, USA)
- ・ Misfit Shine (Misfit Wearables, USA)
- ・ Withings Pulse (Withings, France)
- ・ vivofit (GARMIN, USA)

また、日本の疫学研究や国民健康・栄養調査などにおいて頻繁に使用される活動量計や歩数計においては下記 4 機種が選出された。

- ・ 活動量計 HJA-350IT Active style Pro (OMRON, JAPAN)
- ・ アクティマーカー (Panasonic, JAPAN)
- ・ ライフコーダー (スズケン, JAPAN)
- ・ 歩数計 ALNESS200S (YAMASA, JAPAN)

さらに海外における研究や米国健康・栄養調査で使用される下記 1 機種についても選出された。

- ・ ActiGraph (ActiGraph, USA)

なお、これら 13 機種の装着部位は、下記の通りであった。

【手首 (5 機種)】

- ・ PULSESENSE (EPSON, JAPAN)

- ・ JAWBONE UP24 (JAWBONE, USA)
- ・ Fitbit flex (fitbit, USA)
- ・ Misfit Shine (Misfit Wearables, USA)
- ・ vivofit (GARMIN, USA)

【腰部 (6機種)】

- ・ Withings Pulse (Withings, France)
- ・ 活動量計 HJA-350IT Active style Pro (OMRON, JAPAN)
- ・ アクティマーカー (Panasonic, JAPAN)
- ・ ライフコーダー (スズケン, JAPAN)
- ・ 歩数計 ALNESS200S (YAMASA, JAPAN)
- ・ ActiGraph (ActiGraph, USA)

【胸ポケット (2機種)】

- ・ カロリスキャン (OMRON, JAPAN)
- ・ カロリズム (TANITA, JAPAN)

C-2.15 日間の自由生活中における活動量計装着の結果比較 (6名分)

本年度において DLW 摂取およびその後の 15 日間における活動量計の装着が終了した者は、6 名 (男性 3 名・女性 3 名、 36.9 ± 8.6 歳 (25 ~ 50 歳)、BMI $21.6 \pm 2.3 \text{ kg/m}^2$ (18.8 ~ 24.5)) であった。

15 日間における 12 機種の中の平均の 1 日総エネルギー消費量は $2021.9 \pm 377.2 \text{ kcal/day}$ であった。最も少ない総エネルギー消費量を示した機種は、JAWBONE UP24 であり $1740.0 \pm 292.9 \text{ kcal/day}$ であった。最も高い総エネルギー消費量を示した機種は Active Style Pro (OMRON) であり、 $2255.4 \pm 443.3 \text{ kcal/day}$ あった (図 1)。

また、歩数においては、平均 9808.4 ± 4000.3 歩であり、最も少ない歩数を示した機種はカロリズム (TANITA) (8569.2 ± 4193.4 歩) であり、最も多い歩数を示した機種は Fitbit flex (10970.3 ± 4044.5 歩) であった (図 2)。

C-3.15 日間の自由生活における DLW 法による総エネルギー消費量と各活動量計による総エネルギー消費量の比較 (6名分)

DLW 法により得られた 15 日間の総エネルギー消費量は、平均 $2242.5 \pm 367.6 \text{ kcal/day}$ であった。この DLW 法と各活動量計から得られた 6 名の 15 日間の総エネルギー消費量との関係を図 3 に示した。y = x の identical line に近似していた活動量計は、Active Style Pro、カロリスキャン、カロリズムであった。また、全体を俯瞰してみると、概ね全ての活動量計が総エネルギー消費量を過小評価していた。

D. まとめ

本年度において DLW 摂取後の 15 日間における活動量計装着を終了した 6 名を対象に、13 機種における互換性についての検討を行った。同じ指標である総エネルギー消費量であっても、最も低い総エネルギー消費量を示した機種と最も高い総エネルギー消費量を示した機種とでは、 500 kcal/day の差が認められた。歩数については、平均 2400 歩の差が認められた。さらに DLW 法により評価された総エネルギー消費量との関連における検討では、Active Style Pro、カロリスキャン、カロリズムが identical line に近似した相関を示した。次年度において、被験者数を増やし、詳細な検討を加えて行く。

E. 健康危険情報

問題なし。

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

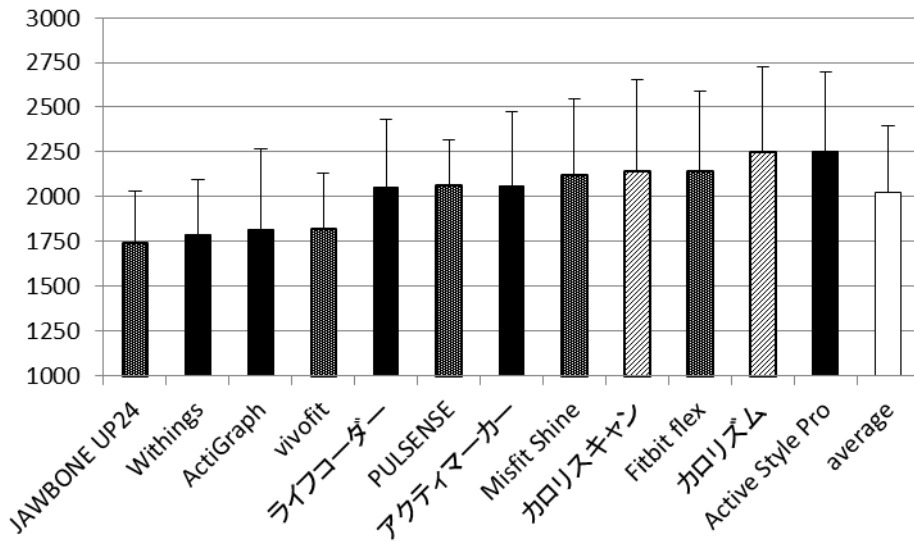


図1 12機種における15日間の総エネルギー消費量

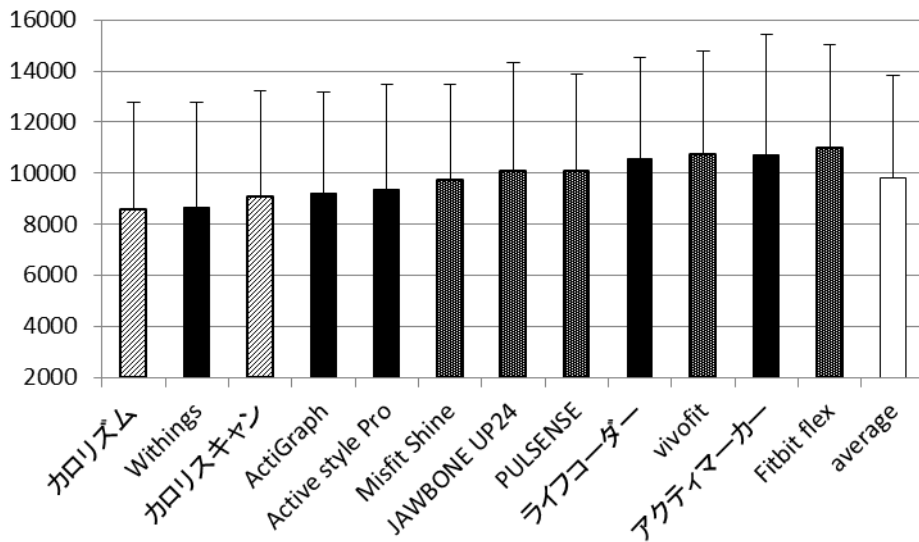


図2 12機種における15日間の平均歩数

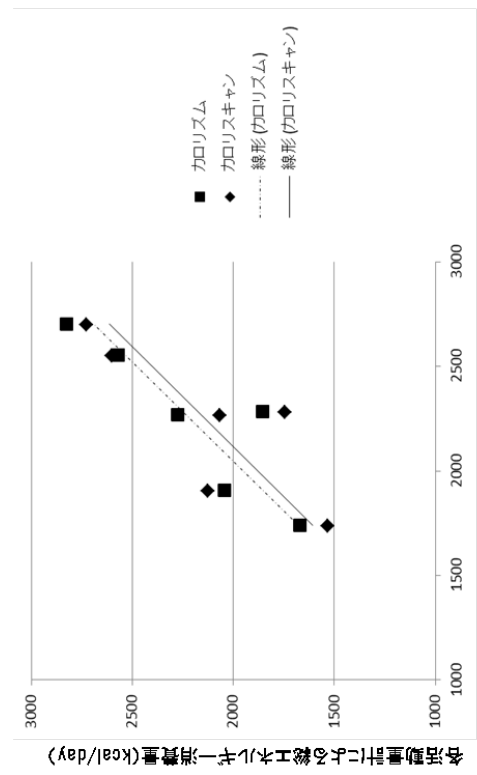
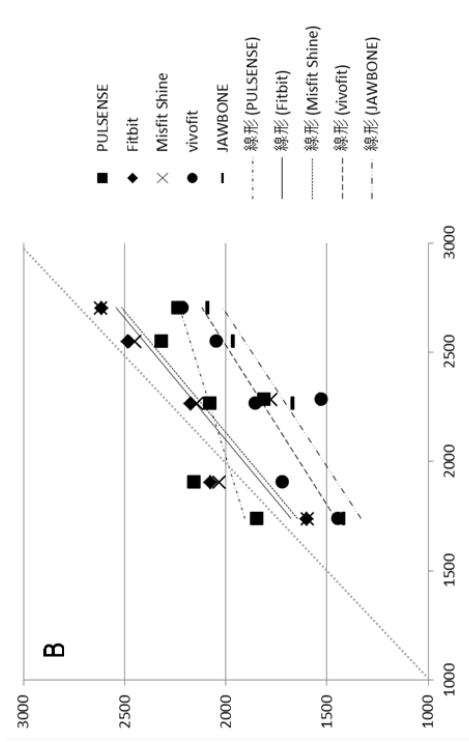
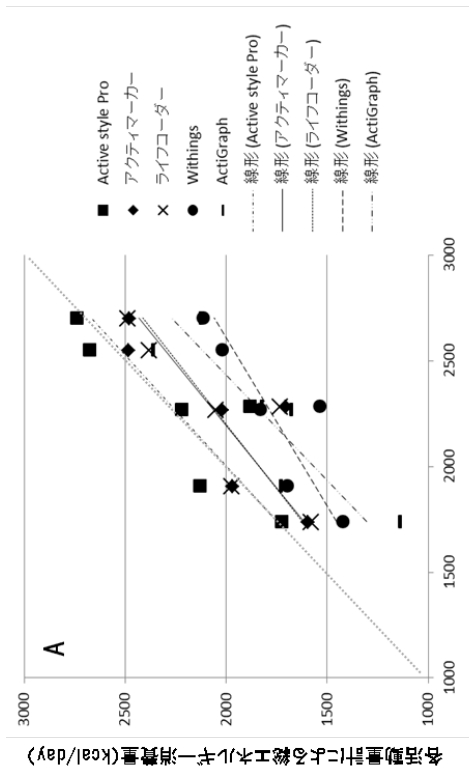


図3 DLWによる総エネルギー消費量と各活動量計による総エネルギー消費量との関連
 A: 腰部装着の活動量計, B: 手首装着の活動量計
 C: 胸ポケット装着の活動量計

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
身体活動評価法の開発と標準化に関する研究(26281301)

平成 26 年度分担研究報告

活動量計やライフログによるエネルギー消費量推定法の妥当性・互換性
～メタボリックチャンバー法を用いた検討～

研究協力者 川上諒子

研究協力者 村上晴香

研究代表者 宮地元彦

独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進研究部

<目的>メタボリックチャンバー法により評価したエネルギー消費量と13種類の活動量計・ライフログによる推定値を比較し、妥当性を検討するとともに、エネルギー消費量や歩数の機器間の差について検討すること。

<方法>健康な成人男女6名を対象とし、メタボリックチャンバー法によって朝9時から翌朝の9時までの1昼夜生活した際の総エネルギー消費量を測定した。入室中、被験者は事前に定められた活動を分刻みで厳密に遂行した。その間、13種類の活動量計・ライフログを装着し、総エネルギー消費量と歩数を測定した。

<結果と考察>3種類の活動量計やライフログにおいて、メタボリックチャンバー法による総エネルギー消費量と比較して300kcal以上過小に評価される可能性が示された。また、活動量計およびライフログにより評価した総エネルギー消費量ならびに歩数には、機器間による差がみられた。歩数については、腕に装着するものが高い歩数を示した。

<まとめ>メタボリックチャンバー法により評価した1日の総エネルギー消費量比較して、過小・過大評価する機器が複数あった。歩数は約3500歩程度の機器間差が観察された。来年度以降、さらに対象者を増やして詳細な検討を行う。

A. 背景と目的

近年、コンシューマー向けに様々な活動量計やライフログが販売されており、生活の多様な場面で使用されている。しかしながら、それぞれの機器における身体活動量評価の精度や機器間の互換性については十分に検討がなされていない。そこで、本研究では、メタボリックチャンバー法により評価した身体活動量と13種類の活動量計・ライフログにより評価した身体活動量を比較することで、それらの妥当性を検討するとともに、機器間の互換性についても検討する。

B. 方法

健康な成人男女6名(男性3名、女性

3名)を対象とした。メタボリックチャンバー法により、朝9時から翌朝の9時までチャンバー内で1昼夜にわたり生活をした際の室内の酸素ならびに二酸化炭素濃度をもとに総エネルギー消費量を求めた。被験者はチャンバー内において、腕に5機種(Fitbit、Jawbone、Shine、Epson、Garmin)、胸ポケットに2機種(タニタ、オムロン)、腰部に6機種(ActiGraph、YAMASA、アクティマーカー、ライフコーダー、オムロン(Active Style Pro)、Withings)の合計13種類の活動量計およびライフログを装着し、30分間隔で規定された活動を実施した(表1)。これらの活動量計の選定の基準については、村上らの分担研究報告書に記述した。ま

た、チャンバー内での活動 (PAL1.6) に相当する食事を朝、昼、夕の3食で摂取させた。各活動量計やライフログにより評価された総エネルギー消費量および歩数を用いて比較検討を行った。

ActiGraph には複数のエネルギー消費量算出式が提案されているため、本研究では Freedson VM3 Combination の式より得られた活動消費エネルギーにメタボリックチャンバー法によって測定された被験者毎の基礎代謝量を加算して総エネルギー消費量を求めた。

C. 結果

対象者の平均年齢は 41 ± 8 歳 (30 ~ 50 歳) BMI の平均は男性で $23.4 \pm 1.0 \text{kg/m}^2$ 、女性で $20.9 \pm 2.4 \text{kg/m}^2$ であった。

メタボリックチャンバー法および活動量計やライフログにより評価した総エネルギー消費量を表2に示した。メタボリックチャンバー法により評価した総エネルギー消費量は $2149 \pm 218 \text{kcal}$ であった。最も少ない平均値だったのは Withings の 1815.8kcal で、最も多かったのはオムロン (ポケット) 2341.0kcal と両者の差は 525.2kcal と大きかった。Jawbone と Garmin と Withings はメタボリックチャンバー法によって評価した総エネルギー消費量よりもおおよそ 300kcal 低かった。次いで、ActiGraph において過小評価の傾向がみられた。

活動量計およびライフログにより評価した歩数を表3に示した。13機種のアverage歩数は 12937 ± 437 歩であり、Withings で最も少ない平均歩数となり (11771 歩)、Epson で最も多かった (15303 歩)。腕に装着するタイプの歩数が、腰に装着や胸ポケットに入れるタイプの歩数よりも 2000 歩ほど高い値を示した。

D. 考察

メタボリックチャンバー法による総エネルギー消費量と比較して、平均で 300kcal 程度過小評価される機種が3つあった。これらの過小評価の原因については、加速度を身体活動エネルギー消費量に換算するアルゴリズムや安静時エネルギー消費量の算出法、食事誘発熱産生

の推定の違いなど様々な要因が考えられる。今後、各機器のメーカーなどから必要な資料を取り寄せ検討する必要がある。

チャンバー内での厳密に管理された生活下においてさえも、最も歩数が多かった機器と少なかった機器との間で平均値でおおよそ 3500 歩程度の機器間差が観察された。歩数の違いの最も大きな要因は装着部位で、腕に装着することで、歩行以外の活動による加速度を歩行と判定した可能性が示唆される。また、どの機器の歩数が最も正確かを判断することは難しいが、歩数カウントのアルゴリズム、特に歩行でない信号を歩行と判定する誤判定を防ぐためのアルゴリズムの違いを検討することで、その要因を探る必要がある。

E. まとめ

メタボリックチャンバー法により評価した1日の総エネルギー消費量 $2149 \pm 218 \text{kcal}$ と比較して、 300kcal 以上過小評価する機器が3機種あった。また、厳密に管理された生活下においても、平均値でおおよそ 3500 歩程度の機器間差が観察された。来年度以降、さらに対象者を増やして詳細な検討を行っていく。

F. 健康危険情報

問題なし。

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

表1 メタボリックチャンバー内での活動内容

| 時間 | 活動内容 |
|------------------------|-------------------|
| 9:00 ~ 9:30 | 安静座位 (TV) |
| 9:30 ~ 10:30 | 朝食 (歯磨き等) 座位 (自由) |
| 10:30 ~ 11:00 | 静的座位 (パソコン) |
| 11:00 ~ 11:30 | 静的立位 (読書) |
| 11:30 ~ 12:00 | 動的座位 (洗濯物たたみ) |
| 12:00 ~ 12:25 + (休憩5分) | 動的立位 (掃除・片づけ) |
| 12:30 ~ 12:55 + (休憩5分) | 歩行 (4.0km/h) |
| 13:00 ~ 13:25 + (休憩5分) | 歩行 (5.6km/h) |
| 13:30 ~ 14:00 | 安静座位 (TV) |
| 14:00 ~ 15:00 | 昼食 (歯磨き等) 座位 (自由) |
| 15:00 ~ 15:30 | 静的座位 (パソコン) |
| 15:30 ~ 16:00 | 静的立位 (TV) |
| 16:00 ~ 16:30 | 動的座位 (パズル) |
| 16:30 ~ 16:55 + (休憩5分) | 動的立位 (掃除・片づけ) |
| 17:00 ~ 17:25 + (休憩5分) | 歩行 (4.0km/h) |
| 17:30 ~ 17:55 + (休憩5分) | 歩行 (5.6km/h) |
| 18:00 ~ 18:30 | 安静座位 (TV) |
| 18:30 ~ 19:30 | 夕食 (歯磨き等) 座位 (自由) |
| 19:30 ~ 20:00 | 静的座位 (パソコン) |
| 20:00 ~ 20:30 | 静的立位 (読書) |
| 20:30 ~ 20:55 + (休憩5分) | 動的座位 (パズル) |
| 21:00 ~ 21:30 | 静的座位 (パソコン) |
| 21:30 ~ 22:00 | 静的立位 (TV) |
| 22:00 ~ 22:30 | 動的座位 (洗濯物たたみ) |
| 22:30 ~ 23:00 | 動的立位 (片づけ・洗面) |
| 23:00 ~ 7:00 | 睡眠 |
| 7:00 ~ 7:15 | 起床 洗面等 ベッドへ |
| 7:15 ~ 8:00 | 安静仰臥位 |
| 8:00 ~ 9:00 | 安静座位 (TV) |

表2 メタボリックチャンバー法および活動量計・ライフログにより評価した総エネルギー消費量

| 測定法・機種 | 総エネルギー消費量 | チャンバー法との差 | |
|------------|----------------|----------------|----------------|
| チャンバー法 | 2149.0 ± 218.0 | | |
| 腕 | Fitbit | 2249.2 ± 342.2 | 100.2 ± 141.9 |
| | Jawbone | 1837.7 ± 208.2 | -311.3 ± 44.1 |
| | Shine | 2229.2 ± 364.5 | 80.2 ± 162.3 |
| | Epson | 2271.3 ± 227.4 | 122.3 ± 294.1 |
| | Garmin | 1836.8 ± 281.4 | -312.2 ± 88.2 |
| ポケット | タニタ | 2205.0 ± 422.8 | 56.0 ± 212.6 |
| | オムロン | 2341.0 ± 371.7 | 192.0 ± 175.8 |
| 腰 | ActiGraph | 1998.4 ± 391.9 | -150.6 ± 233.3 |
| | アクティマーカー | 2108.7 ± 338.1 | -40.3 ± 139.0 |
| | ライフコーダー | 2069.8 ± 295.0 | -79.2 ± 107.6 |
| | オムロン | 2279.0 ± 390.9 | 130.0 ± 187.9 |
| | Withings | 1815.8 ± 255.0 | -333.2 ± 130.7 |
| 平均値 ± 標準偏差 | | | |

表3 活動量計・ライフログにより評価した歩数

| 機種 | 歩数 | |
|------------|-------------|--------------|
| 腕 | Fitbit | 14060 ± 1135 |
| | Jawbone | 14382 ± 1960 |
| | Shine | 13605 ± 924 |
| | Epson | 15303 ± 1451 |
| | Garmin | 13813 ± 747 |
| ポケット | タニタ | 11890 ± 624 |
| | オムロン | 11916 ± 623 |
| 腰 | ActiGraph | 12534 ± 499 |
| | YAMASA | 11789 ± 797 |
| | アクティマーカー | 12783 ± 476 |
| | ライフコーダー | 12437 ± 431 |
| | オムロン | 11901 ± 647 |
| Withings | 11771 ± 707 | |
| 平均値 ± 標準偏差 | | |

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

平成 26 年度分担研究報告

加速度計による身体活動量評価の二重標識水法による妥当性の検討

研究分担者 高田和子
独立行政法人国立健康・栄養研究所 栄養教育研究部 室長

<目的> 加速度計により評価した1日の総エネルギー消費量、身体活動によるエネルギー消費量、身体活動レベルを二重標識水法による値と比較し精度を検討する。歩数、中高強度の活動時間については、加速度計間での値の違いを検討する。
<方法> 二重標識水法による身体活動量評価を行った対象のうち、ライフコーダ EX(スズケン)、Actimarker(パナソニック)、Active style pro(オムロン)の3種類の加速度計を同時に装着した者を対象とし、自由生活下における1~2週間の身体活動量を測定した。それらから、二重標識水法及び加速度計法による1日のエネルギー消費量、身体活動によるエネルギー消費量、身体活動レベル、歩数、中高強度の活動時間を比較した。
<結果と考察> 加速度計では、二重標識水法にくらべて1日のエネルギー消費量、身体活動によるエネルギー消費量、身体活動レベルを過小に評価した。また、加速度計により評価した歩数及び中高強度の身体活動時間には、機器による差がみられた。
<まとめ> 今後は加速度計による過小評価の程度に影響している要因の解明、及び歩数と中高強度の活動時間の加速度計間の整合性のとり方についての検討を加えることで、加速度計が身体活動量の評価において、より有効なツールになると考える。

A. 背景と目的

日本には歩数計の使用の歴史が長く、それをベースとして、近年は加速度が広く使用されている。特に、運動基準 2005 が策定されてからは、歩数だけでなく、多くの機器でエネルギー消費量や身体活動レベルあるいは中高強度の活動時間が評価できるようになった。しかし、身体活動量がそれぞれの機器で同じように評価できているかは、十分に検討されていない。本年度の研究では、二重標識水法及び3種類の加速度計により評価した身体活動量を比較することで、それらの精度や機器間の差を検討する。

B. 方法

二重標識水(Doubly labeled water: DLW)法により身体活動レベルを評価する目的で実施した研究における対象者のうち、ライフコーダ EX(以下 LC)(スズケン)、Actimarker(以下 AM)(パナソニック)、Active Style Pro(以下 ASP)(オムロン)の3種類の加速度計を装着した者を対象とし、自由生活下における1~2週間の身体活動量を評価した。

DLW 法では、1日のエネルギー消費量(total energy expenditure: TEE)を求めた。あわせてダグラスバッグ法により安静時代謝量(resting metabolic rate: RMR)を測定した。加速度計については、

歩数、1日のTEE、中高強度(3メッツ以上: moderate to vigorous physical activity: MVPA)の活動時間を使用した。加速度計のデータでは、1日10時間以上の装着ができた日をデータの使用が可能な日とし、休日1日以上、平日3日以上のデータがある場合を解析の対象とした。1日の平均TEE、歩数、MVPAは(平日の値の平均値×5+休日の時間の平均値×2)/7で求めた。身体活動レベルは、DLW法により求めたTEE/RMRで求め、加速度計についてはそれぞれの加速度計で得られたTEEをそれぞれの加速度計で使用しているRMR(基礎代謝量)で除した値とした。また、身体活動によるエネルギー消費量(physical activity energy expenditure: PAEE)は、(TEE-RMR)×0.9により求めた。

C. 結果

対象は、男性67名、女性25名で年齢は平均40.4±9.4歳(20~59歳)であった。BMIの平均は、男性で23.8±4.4kg/m²、女性で20.9±2.2kg/m²であった。

DLW法と加速度計で測定したTEE、PAL、PAEE、歩数、MVPAを表に示した。TEE、PAL、PAEEはいずれもDLW法が最も大きく、LCが最も小さかった。歩数の平均値は、LC、AM、ASPの順に小さくなり、最大と最小では約1500歩の差がみられた。また、MVPAの平均値は、ASP、AM、LCの順に小さくなり、最大と最小の差は約20分であった。

図はDLW法のPALと加速度計のPALを比較したものである。加速度計によるPALは2.2程度までは増加するが、それ以降は頭打ちになり、DLW法との差が大きくなっている。全体にLCはやや低値に分布し、AMは、一部のデータが大きく外れていた。

D. 考察

TEE、PAEE、PALについては、DLW法によるTEEとダグラスバッグ法によるRMRから求めた値が最も正確と考えられ、それらに比べると加速度計は全体的に過小評価すること、特にPALが大きい対象における過小評価が大きいことが示され

た。一方で、自由生活下において、歩数とMVPAについてはスタンダードとなる値がなく、どの機器が最も正確かを判断することは難しい。しかし、歩数では平均値で最大1500歩、MVPAでは平均値で最大20分の差があり、これは身体活動量の目標達成の有無を判断する場合に、大きく評価が異なることになると推測される。

E. まとめ

今後は他のデータを組み合わせることで、加速度計による評価誤差の原因あるいは各機器での整合性のとり方について検討を進めることで、加速度計が身体活動量評価において、より有効なツールになるだろう。

F. 健康危険情報

問題なし。

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

表1 総エネルギー消費量 (TEE)、身体活動レベル (PAL)、身体活動エネルギー消費量 (PAEE)、歩数、中京高強度の時間 (MVPA)の比較

| | | DLW | LC | AM | ASP |
|------|------|-------|--------|--------|--------|
| TEE | MEAN | 2,675 | 2,194 | 2,469 | 2,462 |
| | SD | 711 | 387 | 577 | 479 |
| | Min | 1,531 | 1,488 | 1,512 | 1,616 |
| | Max | 5,083 | 3,261 | 3,980 | 3,617 |
| PAL | MEAN | 1.93 | 1.53 | 1.70 | 1.74 |
| | SD | 0.31 | 0.10 | 0.19 | 0.15 |
| | Min | 1.40 | 1.34 | 1.04 | 1.48 |
| | Max | 3.03 | 1.76 | 2.40 | 2.41 |
| PAEE | MEAN | 1,163 | 689 | 914 | 943 |
| | SD | 482 | 187 | 318 | 263 |
| | Min | 506 | 381 | 68 | 530 |
| | Max | 2,826 | 1,178 | 1,928 | 1,902 |
| 歩数 | MEAN | | 10,096 | 9,641 | 8,679 |
| | SD | | 3,534 | 3,353 | 2,949 |
| | Min | | 2,894 | 2,794 | 1,911 |
| | Max | | 21,757 | 21,605 | 16,447 |
| MVPA | MEAN | | 68.7 | 77.6 | 85.1 |
| | SD | | 35.4 | 49.2 | 48.9 |
| | Min | | 5.8 | 14.0 | 23.2 |
| | Max | | 186.2 | 292.8 | 378.5 |

TEE: total energy expenditure (kcal/day), PAL: physical activity level, PAEE physical activity energy expenditure (kcal/day), 歩数(steps/day), MVPA: moderate to vigorous physical activity (minutes/day), DLW: Doubly labeled water method, LC: lifecorder, AM: Actimarker, ASP: Active Style Pro

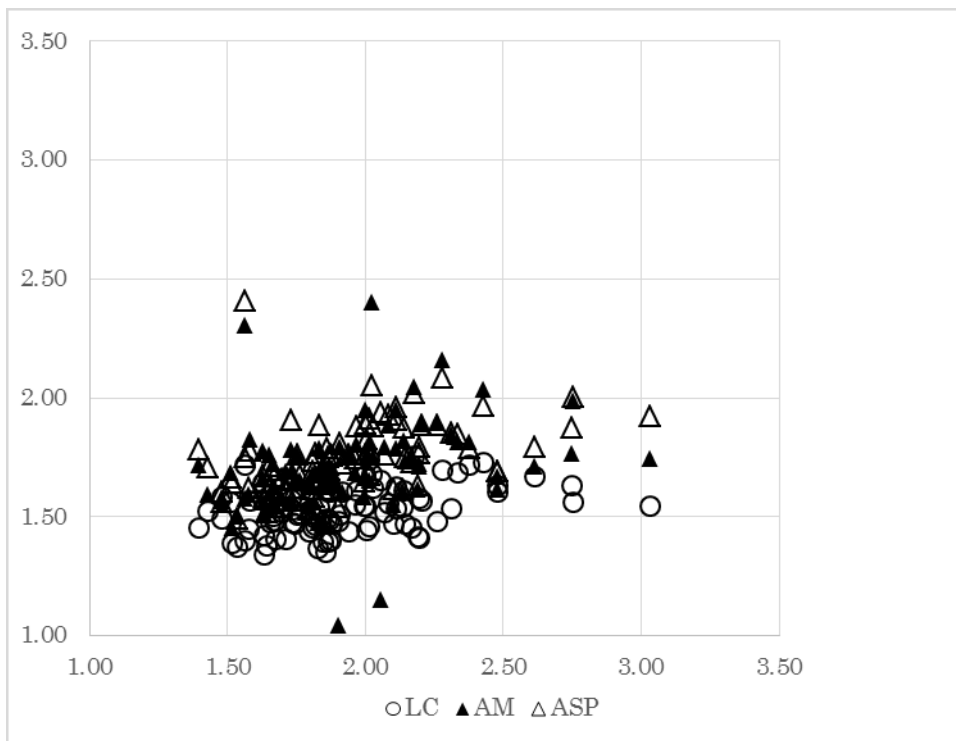


図1 二重標識水法から求めた PAL と加速度計による PAL の比較

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)
身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

平成 26 年度分担研究報告

ヒューマンカロリーメーターを用いたメッツ表の妥当性の検討

研究分担者 田中茂穂
独立行政法人国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 部長
研究協力者 中江悟司
独立行政法人国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 特別研究員
研究協力者 山田陽介
独立行政法人国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 研究員

ヒューマンカロリーメーターを用いて、メッツ表による身体活動レベル(=24時間の総エネルギー消費量÷基礎代謝量)推定の妥当性を検証した。6名の対象者に、ヒューマンカロリーメーターで、低強度から速歩までの様々な活動を規定して24時間生活してもらった。時間帯毎にメッツ表から最も活動内容が近いと考えられる活動を選び、それらのメッツ値から推定した身体活動レベルを実測値と比較した。実測の身体活動レベルの平均値は1.65であったが、メッツ表を用いて推定すると1.83となり、過大評価していた。それに対し、低強度の活動を中心とした全体の約2/3の活動について、当研究所などからヒューマンカロリーメーターやダグラスバッグ法を用いた論文で報告された値を利用したところ、平均の身体活動レベルは1.67となり、実測値とかなり一致していた。メッツ表では、1.3メッツ未満の活動が少なく、それが推定誤差の大きな原因となっていることが示唆された。

A. 背景と目的

国際的に最も利用されている身体活動強度の表示法はMetabolic equivalent(MET;メッツ)である。1993年にAmerican College of Sports Medicine(ACSM)でその一覧表がまとめられ、2011年には2度目の改訂版が公表された。その際、メッツ値が算出可能な論文をレビューし、根拠となった文献を明示するなど、より科学的なアプローチにより、メッツ表が整備された。

しかし、異なる測定条件や測定機器を採用した各論文間では、値に乖離が見受けられることがある。また、動きをほとんど伴わない仰臥位やリクライニング・座位活動のほとんどは1.3メッツ、

一部が1.0メッツとなっており、その間の値は存在しない。このような不自然な点も残っている。

そこで、ヒューマンカロリーメーターで、原則として30分毎に決まった活動を実施した際に、時間帯毎にメッツ表から最も活動内容が近いと考えられる活動を選び、そのメッツ値から推定した身体活動レベルと実測値とを比較し、メッツ表の妥当性を検証した。

B. 研究方法

1. 対象と方法

様々な活動量計によるエネルギー消費量の推定精度を検討するために、ヒューマンカロリーメーターを妥当基準とした

24時間の測定を実施した。対象者は、測定の実施に支障のない健康を保っている成人6名とした。その際、全対象者が一定の活動内容となるよう、行動を、原則として30分間毎に規定した(表1)。日常生活をある程度反映するとともに、座位・立位それぞれ静的および動的な活動を選び、歩行速度も2種類設定した。

以下の2種類の方法で、それぞれの時間帯毎のメッツ値を推定した。

メッツ表を利用

メッツ表から、最も類似と考えられる活動のメッツ値を選択した

ヒューマンカロリーメーターやダグラスバッグ法を用いて論文で報告された値を利用

当研究所の論文(Midorikawa et al., Obesity, 2007; Ohkawara et al., BJN, 2011; Ganpule et al., EJCN, 2007)や、ヒューマンカロリーメーターで座位行動の強度を検討した Newton Jr. et al. (PLoS One, 2013)に、今回と同様の活動時におけるメッツ値または Physical activity ratio(基礎代謝量の倍数)が提示されているものについては、それを利用して、メッツ値を推定した。

上記のようにして得られたメッツ値の、24時間における平均値を求めた。仰臥位安静より座位安静時代謝量が10%大きく、食事誘発性熱産生が総エネルギー消費量の10%と仮定し、

総エネルギー消費量

= 座位安静時代謝量(kcal/日) × 平均メッツ ÷ 0.9

= (基礎代謝量(kcal/日) × 1.1) × 平均メッツ ÷ 0.9

= 基礎代謝量 × 身体活動レベル

より、

身体活動レベル = 平均メッツ × 1.1 ÷ 0.9

として推定した。

また、ヒューマンカロリーメーターにおけるエネルギー消費量の実測値は、室内および室内に取り込む外気の酸素濃度や二酸化炭素濃度、流量、室内の体積などの値から、Weirの式(1949)を用いて求めた(Miyachi et al., MSSE, 2010)。測定時の気温および湿度は、それぞれ25

度、55%とした。

2. 倫理面への配慮

本研究は、疫学研究に関する倫理指針(文部科学省・厚生労働省)に則り、独立行政法人国立健康・栄養研究所研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。測定にあたっては、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. 結果

ヒューマンカロリーメーターで測定した24時間の総エネルギー消費量を基礎代謝量で割った身体活動レベルの平均値は、1.65であった。それに対し、の推定法では1.83、の推定法では1.67、という推定値が得られた。では、1.3メッツ以下の低強度活動を中心に、メッツ表とは異なる推定値を採用したが、の方が実測値に近い値が得られた。

D. 考察

メッツ値は、ごく一部の例外を除いて、動きがない状態でも1.3メッツとなっている。今回、そうした活動を中心として、全体の約2/3の活動でメッツ表とは異なる数値を採用したところ、メッツ表の数値を用いた場合より、実測値に近い身体活動レベルの推定値が得られた。メッツ表を用いた推定では、身体活動レベルを0.18過大評価しており、食事摂取基準では、身体活動レベルの代表値を0.25間隔で設定しており、それに近い誤差となった。日常生活でも低強度の活動が中心であり、誤差が大きくなる可能性が示唆された。

2000年のメッツ表を活動記録にあてはめた際には、今回のような系統誤差は認められなかった(Yamamura et al., JNSV, 2003)。2011年の改訂により、メッツ表はかなり透明性を増し、数値も改善されたはずであるが、低強度の数値に

は問題があり、それが一日全体の身体活動レベルの推定にも大きな誤差につながるということが明らかとなった。

メッツには、性別や年齢等に関わらず 3.5mL/kg/min あるいは 1.0kcal/kg/h という問題もある (McMurray et al., MSSE, 2014)。メッツ表を利用しやすいものとするには、こうした問題を解決する必要があるだろう。

E. まとめ

ヒューマンカロリメーターで測定した 24 時間の総エネルギー消費量を基礎代謝量で割った身体活動レベルの平均値は、1.65 であったが、メッツ表を用いて推定すると 1.83 となり、過大評価していた。メッツ表では、1.3 メッツ未満の活動が少なく、それが推定誤差の大きな原因となっていることが示唆された。

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

表1. ヒューマンカロリメーターでの生活時間と、2種類のの方法で推定したMETs

| 時間 | 活動内容 | METs 表Code | METs 表の値 | METs 表活動内容 | 推定 METs | 推定の根拠 |
|----------------------|---|------------|----------|-------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 8:00 ~ 9:00 | 説明・準備 入室 (~ 8:50) 安静 | | | | | |
| 9:00 ~ 9:30 | 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.0 | Newton Jr (2013) |
| 9:30 ~ 10:25 (休憩5分) | 朝食 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.2 | Midorikawa (2007) |
| 10:30 ~ 11:00 | 静的座位 (パソコン) | 09040 | 1.3 | 座位: 書く、デスクワーク、タイピング | 1.1 | Ohkawara (2011), Newton Jr (2013) |
| 11:00 ~ 11:30 | 静的座位 (TV) | 07040 | 1.3 | 座位で静かにする: 列に並ぶ | 1.1 | 座位TV (Midorikawa, 2007) + 0.1 |
| 11:30 ~ 12:00 | 動的座位 (洗濯物たたみ) | 09075 | 1.8 | 座位: 美術品や工芸品、木彫りの工芸 | 1.8 | |
| 12:00 ~ 12:25 (休憩5分) | 動的立位 (掃除・片づけ) | 11125 | 2.3 | 施設管理業務: 楽な労力(例: 流しやトイレ) | 2.0 | Midorikawa (2007) |
| 12:30 ~ 13:00 | 歩行 (70m/min) | 17170 | 3.0 | 歩行: 4.0km/時、平らで固い地面 | 3.0 | |
| 13:00 ~ 13:30 | 歩行 (100m/min) | 17200 | 4.3 | 歩行: 5.6km/時、速い、平らで固い地面 | 4.3 | |
| 13:30 ~ 14:00 | 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.0 | Newton Jr (2013) |
| 14:00 ~ 14:55 (休憩5分) | 朝食 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.2 | Midorikawa (2007) |
| 15:00 ~ 15:30 | 静的座位 (パソコン) | 09040 | 1.3 | 座位: 書く、デスクワーク、タイピング | 1.1 | Ohkawara (2011), Newton Jr (2013) |
| 15:30 ~ 16:00 | 静的立位 (TV) | 07040 | 1.3 | 立位で静かにする: 列に並ぶ | 1.1 | 座位TV (Midorikawa, 2007) + 0.1 |
| 16:00 ~ 16:30 | 動的座位 (パズル) | 11580 | 1.5 | 座位作業: 楽な労力(例: オフィスワーク) | 1.5 | |
| 16:30 ~ 16:55 (休憩5分) | 動的立位 (掃除・片づけ) | 11125 | 2.3 | 施設管理業務: 楽な労力(例: 流しやトイレ) | 2.0 | Midorikawa (2007) |
| 17:00 ~ 17:30 | 歩行 (70m/min) | 17170 | 3.0 | 歩行: 4.0km/時、平らで固い地面 | 3.0 | |
| 17:30 ~ 18:00 | 歩行 (100m/min) | 17200 | 4.3 | 歩行: 5.6km/時、速い、平らで固い地面 | 4.3 | |
| 18:00 ~ 18:30 | 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.0 | Newton Jr (2013) |
| 18:30 ~ 19:25 (休憩5分) | 夕食 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.2 | Midorikawa (2007) |
| 19:30 ~ 20:00 | 静的座位 (パソコン) | 09040 | 1.3 | 座位: 書く、デスクワーク、タイピング | 1.1 | Ohkawara (2011), Newton Jr (2013) |
| 20:00 ~ 20:30 | 静的立位 (読書) | 09070 | 1.8 | 立位: 読書 | 1.2 | Midorikawa (2007) |
| 20:30 ~ 21:00 | 動的座位 (パズル) | 11580 | 1.5 | 座位作業: 楽な労力(例: オフィスワーク) | 1.5 | |
| 21:00 ~ 21:25 (休憩5分) | 静的座位 (パソコン) | 09040 | 1.3 | 座位: 書く、デスクワーク、タイピング | 1.1 | Ohkawara (2011) |
| 21:30 ~ 22:00 | 静的立位 (読書) | 09070 | 1.8 | 立位: 読書 | 1.2 | Midorikawa (2007) |
| 22:00 ~ 22:30 | 動的座位 (洗濯物たたみ) | 09075 | 1.8 | 座位: 美術品や工芸品、木彫りの工芸 | 1.8 | |
| 22:30 ~ 23:00 | 動的立位 (片づけ・洗面) | 13040 | 2.0 | 身支度をする: 手を洗う、髭を剃る、歯を | 1.8 | Ohkawara (2011) (皿洗い) |
| 23:00 ~ 7:00 | 睡眠 (睡眠時代謝量: 8時間の平均) and/or 値が最低となる連続の3時間) | 07030 | 1.0 | 睡眠 | 0.9 | Ganpule (2007) |
| 7:00 ~ 7:15 | 起床 洗面等 ベッドへ | 13040 | 2.0 | 身支度をする: 手を洗う、髭を剃る、歯を | 2.0 | |
| 7:15 ~ 8:00 | 安静仰臥位 (7:30 ~ 8:00: 基礎代謝量) | 07011 | 1.0 | 横になって静かにテレビを観る | 0.9 | Ohkawara (2011) |
| 8:00 ~ 9:00 | 安静座位 (TV) | 07020 | 1.3 | 座って静かにテレビを見る | 1.0 | Newton Jr (2013) |
| 9:05 ~ 退室 | 退室 | | | | | |
| 平均METs | | | | | 1.37 | |
| 推定PAL | | | | | 1.67 | |

厚生労働科学研究委託費
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)
身体活動の標準的な評価法の開発に関する研究(26281301)

平成 26 年度分担研究報告

身体活動量や運動習慣の指標の一般化のための研究

研究代表者 宮地元彦
独立行政法人国立健康・栄養研究所 健康増進研究部 部長
研究分担者 田中茂穂
独立行政法人国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 部長
研究協力者 中江悟司
独立行政法人国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 特別研究員

<目的>本研究では、メッツ表とアクティブガイドで提案されている+10(プラス・テン) 今より10分多くからだを動かすことをベースに、10分間の身体活動や運動で消費するエネルギー量(kcal)に置換した表を作成する。本年度はメッツ表の整理とエネルギー換算のアルゴリズムについて検討する。<まとめ>ユーザーの利用場面を想定し、利用目的に応じて使い分けられるよう2種類のメッツ表を作成した

A. 背景と目的

身体活動量の単位は、学術的に強度の単位であるメッツ(METs)と実施時間(h)の積であるメッツ・時が用いられているが、身体活動や運動の専門家以外には理解し難いことが指摘されてきた。身体活動量の算出にはアメリカスポーツ医学会などを中心に作成されたメッツ表が利用されている。そこで本研究では、メッツ表とアクティブガイドで提案されている+10(プラス・テン) 今より10分多くからだを動かすことをベースに、10分間の身体活動や運動で消費するエネルギー量(kcal)に置換した表を作成する。本年度はメッツ表の整理とエネルギー換算のアルゴリズムについて検討した。

B. エネルギー換算アルゴリズム

4回の班会議を経て以下の通り作業を進めることとした。ユーザーが利用

目的に応じて使い分けられるよう、単純にその活動のみに費やしたエネルギー消費量、または、その活動を実施していた時間に費やすであろう安静時代謝量を含んだ総エネルギー消費量の2種類のメッツ表を作成した。

C. 健康危険情報

なし。

D. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

E. 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

改訂版 『身体活動のメッツ(METs)表』

※体重別エネルギー消費量付き(安静時代謝量除く)※

(ある活動を一定の時間行った際のエネルギー消費量) = (①安静時のエネルギー消費量) + (②その活動を実施することで安静時より余分に消費するエネルギー)

といえます。例えば、体重60kgの方が4メッツの早歩きを10分間行なった場合のエネルギー消費量は、40 kcal = 10kcal(①安静時に消費するエネルギー) + 30kcal(②安静時より余分に消費するエネルギー)と分けることができます。

本メッツ表に記載されているエネルギー消費量は、あるメッツ値の活動を10分間行なった場合、安静時より余分に消費するであろうエネルギー(②)であり、次式より求められます。

$$\text{エネルギー消費量 (kcal/10min)} = \text{体重(kg)} \times (\text{METs} - 1) \times 10/60$$



出典： 2011 Compendium of Physical Activities:
A Second Update of Codes and MET Values.
Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS.
Med Sci Sports Exerc. 2011, 43(8):1575-1581.

(独)国立健康・栄養研究所
作成： 基礎栄養研究部 中江 悟司・田中 茂穂
健康増進研究部 宮地 元彦

付表. 10分間そのメッツ値の活動を実施した際の活動による体重別エネルギー消費量

| メッツ \ 体重(kg) | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1.5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 1.8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 |
| 2.0 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 |
| 2.2 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 |
| 2.3 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 |
| 2.5 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 |
| 2.8 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 |
| 3.0 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 33 |
| 3.2 | 18 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 37 | 37 |
| 3.3 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 |
| 3.5 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 3.8 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
| 4.0 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 4.3 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| 4.5 | 29 | 30 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 |
| 4.8 | 32 | 33 | 34 | 35 | 37 | 38 | 39 | 41 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 48 | 49 | 51 | 52 | 53 | 54 | 56 | 57 | 58 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 5.0 | 33 | 35 | 36 | 37 | 39 | 40 | 41 | 43 | 44 | 45 | 47 | 48 | 49 | 51 | 52 | 53 | 55 | 56 | 57 | 59 | 60 | 61 | 63 | 64 | 65 | 67 |
| 5.3 | 36 | 37 | 39 | 40 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 49 | 50 | 52 | 53 | 54 | 56 | 57 | 59 | 60 | 62 | 63 | 65 | 66 | 67 | 69 | 70 | 72 |
| 5.5 | 38 | 39 | 41 | 42 | 44 | 45 | 47 | 48 | 50 | 51 | 53 | 54 | 56 | 57 | 59 | 60 | 62 | 63 | 65 | 66 | 68 | 69 | 71 | 72 | 74 | 75 |
| 5.8 | 40 | 42 | 43 | 45 | 46 | 48 | 50 | 51 | 53 | 54 | 56 | 58 | 59 | 61 | 62 | 64 | 66 | 67 | 69 | 70 | 72 | 74 | 75 | 77 | 78 | 80 |
| 6.0 | 42 | 43 | 45 | 47 | 48 | 50 | 52 | 53 | 55 | 57 | 58 | 60 | 62 | 63 | 65 | 67 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 78 | 80 | 82 | 83 |
| 6.3 | 44 | 46 | 48 | 49 | 51 | 53 | 55 | 57 | 58 | 60 | 62 | 64 | 65 | 67 | 69 | 71 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 81 | 83 | 85 | 87 | 88 |
| 6.5 | 46 | 48 | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 | 61 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 | 83 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 |
| 6.8 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 | 83 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 97 |
| 7.0 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 | 100 |
| 7.2 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 79 | 81 | 83 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 97 | 99 | 101 | 103 |
| 7.3 | 53 | 55 | 57 | 59 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 71 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 97 | 99 | 101 | 103 | 105 |
| 7.5 | 54 | 56 | 58 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 98 | 100 | 102 | 104 | 106 | 108 |
| 7.8 | 57 | 59 | 61 | 63 | 66 | 68 | 70 | 73 | 75 | 77 | 79 | 82 | 84 | 86 | 88 | 91 | 93 | 95 | 97 | 100 | 102 | 104 | 107 | 109 | 111 | 113 |
| 8.0 | 58 | 61 | 63 | 65 | 68 | 70 | 72 | 75 | 77 | 79 | 82 | 84 | 86 | 89 | 91 | 93 | 96 | 98 | 100 | 103 | 105 | 107 | 110 | 112 | 114 | 117 |
| 8.3 | 61 | 63 | 66 | 68 | 71 | 73 | 75 | 78 | 80 | 83 | 85 | 88 | 90 | 92 | 95 | 97 | 100 | 102 | 105 | 107 | 110 | 112 | 114 | 117 | 119 | 122 |
| 8.5 | 63 | 65 | 68 | 70 | 73 | 75 | 78 | 80 | 83 | 85 | 88 | 90 | 93 | 95 | 98 | 100 | 103 | 105 | 108 | 110 | 113 | 115 | 118 | 120 | 123 | 125 |
| 8.8 | 65 | 68 | 70 | 73 | 75 | 78 | 81 | 83 | 86 | 88 | 91 | 94 | 96 | 99 | 101 | 104 | 107 | 109 | 112 | 114 | 117 | 120 | 122 | 125 | 127 | 130 |
| 9.0 | 67 | 69 | 72 | 75 | 77 | 80 | 83 | 85 | 88 | 91 | 93 | 96 | 99 | 101 | 104 | 107 | 109 | 112 | 115 | 117 | 120 | 123 | 125 | 128 | 131 | 133 |
| 9.3 | 69 | 72 | 75 | 77 | 80 | 83 | 86 | 89 | 91 | 94 | 97 | 100 | 102 | 105 | 108 | 111 | 113 | 116 | 119 | 122 | 125 | 127 | 130 | 133 | 136 | 138 |
| 9.5 | 71 | 74 | 77 | 79 | 82 | 85 | 88 | 91 | 94 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 111 | 113 | 116 | 119 | 122 | 125 | 128 | 130 | 133 | 136 | 139 | 142 |
| 9.8 | 73 | 76 | 79 | 82 | 85 | 88 | 91 | 94 | 97 | 100 | 103 | 106 | 109 | 111 | 114 | 117 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | 135 | 138 | 141 | 144 | 147 |
| 10.0 | 75 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | 135 | 138 | 141 | 144 | 147 | 150 |
| 10.3 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 99 | 102 | 105 | 109 | 112 | 115 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 133 | 136 | 140 | 143 | 146 | 149 | 152 | 155 |
| 10.5 | 79 | 82 | 86 | 89 | 92 | 95 | 98 | 101 | 105 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 124 | 127 | 130 | 133 | 136 | 139 | 143 | 146 | 149 | 152 | 155 | 158 |
| 11.0 | 83 | 87 | 90 | 93 | 97 | 100 | 103 | 107 | 110 | 113 | 117 | 120 | 123 | 127 | 130 | 133 | 137 | 140 | 143 | 147 | 150 | 153 | 157 | 160 | 163 | 167 |
| 11.3 | 86 | 89 | 93 | 96 | 100 | 103 | 106 | 110 | 113 | 117 | 120 | 124 | 127 | 130 | 134 | 137 | 141 | 144 | 148 | 151 | 155 | 158 | 161 | 165 | 168 | 172 |
| 11.5 | 88 | 91 | 95 | 98 | 102 | 105 | 109 | 112 | 116 | 119 | 123 | 126 | 130 | 133 | 137 | 140 | 144 | 147 | 151 | 154 | 158 | 161 | 165 | 168 | 172 | 175 |
| 11.8 | 90 | 94 | 97 | 101 | 104 | 108 | 112 | 115 | 119 | 122 | 126 | 130 | 133 | 137 | 140 | 144 | 148 | 151 | 155 | 158 | 162 | 166 | 169 | 173 | 176 | 180 |
| 12.0 | 92 | 95 | 99 | 103 | 106 | 110 | 114 | 117 | 121 | 125 | 128 | 132 | 136 | 139 | 143 | 147 | 150 | 154 | 158 | 161 | 165 | 169 | 172 | 176 | 180 | 183 |
| 12.3 | 94 | 98 | 102 | 105 | 109 | 113 | 117 | 121 | 124 | 128 | 132 | 136 | 139 | 143 | 147 | 151 | 154 | 158 | 162 | 166 | 170 | 173 | 177 | 181 | 185 | 188 |
| 12.5 | 96 | 100 | 104 | 107 | 111 | 115 | 119 | 123 | 127 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 150 | 153 | 157 | 161 | 165 | 169 | 173 | 176 | 180 | 184 | 188 | 192 |
| 12.8 | 98 | 102 | 106 | 110 | 114 | 118 | 122 | 126 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 149 | 153 | 157 | 161 | 165 | 169 | 173 | 177 | 181 | 185 | 189 | 193 | 197 |
| 13.3 | 103 | 107 | 111 | 115 | 119 | 123 | 127 | 131 | 135 | 139 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 | 180 | 185 | 189 | 193 | 197 | 201 | 205 |
| 13.5 | 104 | 108 | 113 | 117 | 121 | 125 | 129 | 133 | 138 | 142 | 146 | 150 | 154 | 158 | 163 | 167 | 171 | 175 | 179 | 183 | 188 | 192 | 196 | 200 | 204 | 208 |
| 13.8 | 107 | 111 | 115 | 119 | 124 | 128 | 132 | 137 | 141 | 145 | 149 | 154 | 158 | 162 | 166 | 171 | 175 | 179 | 183 | 188 | 192 | 196 | 201 | 205 | 209 | 213 |
| 14.0 | 108 | 113 | 117 | 121 | 126 | 130 | 134 | 139 | 143 | 147 | 152 | 156 | 160 | 165 | 169 | 173 | 178 | 182 | 186 | 191 | 195 | 199 | 204 | 208 | 212 | 217 |
| 14.5 | 113 | 117 | 122 | 126 | 131 | 135 | 140 | 144 | 149 | 153 | 158 | 162 | 167 | 171 | 176 | 180 | 185 | 189 | 194 | 198 | 203 | 207 | 212 | 216 | 221 | 225 |
| 15.0 | 117 | 121 | 126 | 131 | 135 | 140 | 145 | 149 | 154 | 159 | 163 | 168 | 173 | 177 | 182 | 187 | 191 | 196 | 201 | 205 | 210 | 215 | 219 | 224 | 229 | 233 |
| 15.5 | 121 | 126 | 131 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 164 | 169 | 174 | 179 | 184 | 189 | 193 | 198 | 203 | 208 | 213 | 218 | 222 | 227 | 232 | 237 | 242 |
| 15.8 | 123 | 128 | 133 | 138 | 143 | 148 | 153 | 158 | 163 | 168 | 173 | 178 | 183 | 187 | 192 | 197 | 202 | 207 | 212 | 217 | 222 | 227 | 232 | 237 | 242 | 247 |
| 16.0 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 |
| 17.5 | 138 | 143 | 149 | 154 | 160</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

改訂版 『身体活動のメッツ(METs)表』

※体重別エネルギー消費量付き(安静時代謝量含む)※

(ある活動を一定の時間行った際のエネルギー消費量) = (①安静時のエネルギー消費量) + (②その活動を実施することで安静時より余分に消費するエネルギー)

といえます。例えば、体重60kgの方が4メッツの早歩きを10分間行なった場合のエネルギー消費量は、40 kcal = 10kcal(①安静時に消費するエネルギー) + 30kcal(②安静時より余分に消費するエネルギー)と分けることができます。

本メッツ表に記載されているエネルギー消費量は、あるメッツ値の活動を10分間行なった場合、その時間に消費するであろうエネルギー(①+②)であり、次式より求められます。

$$\text{エネルギー消費量 (kcal/10min)} = \text{体重(kg)} \times \text{METs} \times 10/60$$



出典： 2011 Compendium of Physical Activities:
A Second Update of Codes and MET Values.
Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS.
Med Sci Sports Exerc. 2011, 43(8):1575-1581.

(独)国立健康・栄養研究所
作成： 基礎栄養研究部 中江 悟司・田中 茂穂
健康増進研究部 宮地 元彦

付表. 10分間そのメッツ値の活動を実施した際の体重別総エネルギー消費量

| メッツ \ 体重(kg) | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 | 100 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.0 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 |
| 1.3 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 |
| 1.5 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 |
| 1.8 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 |
| 2.0 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 33 |
| 2.2 | 18 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| 2.3 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 |
| 2.5 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 2.8 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
| 3.0 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 3.2 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| 3.3 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 |
| 3.5 | 29 | 30 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 |
| 3.8 | 32 | 33 | 34 | 35 | 37 | 38 | 39 | 41 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 48 | 49 | 51 | 52 | 53 | 54 | 56 | 57 | 58 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 4.0 | 33 | 35 | 36 | 37 | 39 | 40 | 41 | 43 | 44 | 45 | 47 | 48 | 49 | 51 | 52 | 53 | 55 | 56 | 57 | 59 | 60 | 61 | 63 | 64 | 65 | 67 |
| 4.3 | 36 | 37 | 39 | 40 | 42 | 43 | 44 | 46 | 47 | 49 | 50 | 52 | 53 | 54 | 56 | 57 | 59 | 60 | 62 | 63 | 65 | 66 | 67 | 69 | 70 | 72 |
| 4.5 | 38 | 39 | 41 | 42 | 44 | 45 | 47 | 48 | 50 | 51 | 53 | 54 | 56 | 57 | 59 | 60 | 62 | 63 | 65 | 66 | 68 | 69 | 71 | 72 | 74 | 75 |
| 4.8 | 40 | 42 | 43 | 45 | 46 | 48 | 50 | 51 | 53 | 54 | 56 | 58 | 59 | 61 | 62 | 64 | 66 | 67 | 69 | 70 | 72 | 74 | 75 | 77 | 78 | 80 |
| 5.0 | 42 | 43 | 45 | 47 | 48 | 50 | 52 | 53 | 55 | 57 | 58 | 60 | 62 | 63 | 65 | 67 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 78 | 80 | 82 | 83 |
| 5.3 | 44 | 46 | 48 | 49 | 51 | 53 | 55 | 57 | 58 | 60 | 62 | 64 | 65 | 67 | 69 | 71 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 81 | 83 | 85 | 87 | 88 |
| 5.5 | 46 | 48 | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 | 61 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 | 83 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 |
| 5.8 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 73 | 75 | 77 | 79 | 81 | 83 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 97 |
| 6.0 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 | 100 |
| 6.3 | 53 | 55 | 57 | 59 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 71 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 95 | 97 | 99 | 101 | 103 | 105 |
| 6.5 | 54 | 56 | 59 | 61 | 63 | 65 | 67 | 69 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 85 | 87 | 89 | 91 | 93 | 95 | 98 | 100 | 102 | 104 | 106 | 108 |
| 6.8 | 57 | 59 | 61 | 63 | 66 | 68 | 70 | 73 | 75 | 77 | 79 | 82 | 84 | 86 | 88 | 91 | 93 | 95 | 97 | 100 | 102 | 104 | 107 | 109 | 111 | 113 |
| 7.0 | 58 | 61 | 63 | 65 | 68 | 70 | 72 | 75 | 77 | 79 | 82 | 84 | 86 | 89 | 91 | 93 | 96 | 98 | 100 | 103 | 105 | 107 | 110 | 112 | 114 | 117 |
| 7.2 | 60 | 62 | 65 | 67 | 70 | 72 | 74 | 77 | 79 | 82 | 84 | 86 | 89 | 91 | 94 | 96 | 98 | 101 | 103 | 106 | 108 | 110 | 113 | 115 | 118 | 120 |
| 7.3 | 61 | 63 | 66 | 68 | 71 | 73 | 75 | 78 | 80 | 83 | 85 | 88 | 90 | 92 | 95 | 97 | 100 | 102 | 105 | 107 | 110 | 112 | 114 | 117 | 119 | 122 |
| 7.5 | 63 | 65 | 68 | 70 | 73 | 75 | 78 | 80 | 83 | 85 | 88 | 90 | 93 | 95 | 98 | 100 | 103 | 105 | 108 | 110 | 113 | 115 | 118 | 120 | 123 | 125 |
| 7.8 | 65 | 68 | 70 | 73 | 75 | 78 | 81 | 83 | 86 | 88 | 91 | 94 | 96 | 99 | 101 | 104 | 107 | 109 | 112 | 114 | 117 | 120 | 122 | 125 | 127 | 130 |
| 8.0 | 67 | 69 | 72 | 75 | 77 | 80 | 83 | 85 | 88 | 91 | 93 | 96 | 99 | 101 | 104 | 107 | 109 | 112 | 115 | 117 | 120 | 123 | 125 | 128 | 131 | 133 |
| 8.3 | 69 | 72 | 75 | 77 | 80 | 83 | 86 | 89 | 91 | 94 | 97 | 100 | 102 | 105 | 108 | 111 | 113 | 116 | 119 | 122 | 125 | 127 | 130 | 133 | 136 | 138 |
| 8.5 | 71 | 74 | 77 | 79 | 82 | 85 | 88 | 91 | 94 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 111 | 113 | 116 | 119 | 122 | 125 | 128 | 130 | 133 | 136 | 139 | 142 |
| 8.8 | 73 | 76 | 79 | 82 | 85 | 88 | 91 | 94 | 97 | 100 | 103 | 106 | 109 | 111 | 114 | 117 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | 135 | 138 | 141 | 144 | 147 |
| 9.0 | 75 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | 135 | 138 | 141 | 144 | 147 | 150 |
| 9.3 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 99 | 102 | 105 | 109 | 112 | 115 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 133 | 136 | 140 | 143 | 146 | 149 | 152 | 155 |
| 9.5 | 79 | 82 | 86 | 89 | 92 | 95 | 98 | 101 | 105 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 124 | 127 | 130 | 133 | 136 | 139 | 143 | 146 | 149 | 152 | 155 | 158 |
| 9.8 | 82 | 85 | 88 | 91 | 95 | 98 | 101 | 105 | 108 | 111 | 114 | 118 | 121 | 124 | 127 | 131 | 134 | 137 | 140 | 144 | 147 | 150 | 154 | 157 | 160 | 163 |
| 10.0 | 83 | 87 | 90 | 93 | 97 | 100 | 103 | 107 | 110 | 113 | 117 | 120 | 123 | 127 | 130 | 133 | 137 | 140 | 143 | 147 | 150 | 153 | 157 | 160 | 163 | 167 |
| 10.3 | 86 | 89 | 93 | 96 | 100 | 103 | 106 | 110 | 113 | 117 | 120 | 124 | 127 | 130 | 134 | 137 | 141 | 144 | 148 | 151 | 155 | 158 | 161 | 165 | 168 | 172 |
| 10.5 | 88 | 91 | 95 | 98 | 102 | 105 | 109 | 112 | 116 | 119 | 123 | 126 | 130 | 133 | 137 | 140 | 144 | 147 | 151 | 154 | 158 | 161 | 165 | 168 | 172 | 175 |
| 11.0 | 92 | 95 | 99 | 103 | 106 | 110 | 114 | 117 | 121 | 125 | 128 | 132 | 136 | 139 | 143 | 147 | 150 | 154 | 158 | 161 | 165 | 169 | 172 | 176 | 180 | 183 |
| 11.3 | 94 | 98 | 102 | 105 | 109 | 113 | 117 | 121 | 124 | 128 | 132 | 136 | 139 | 143 | 147 | 151 | 154 | 158 | 162 | 166 | 170 | 173 | 177 | 181 | 185 | 188 |
| 11.5 | 96 | 100 | 104 | 107 | 111 | 115 | 119 | 123 | 127 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 150 | 153 | 157 | 161 | 165 | 169 | 173 | 176 | 180 | 184 | 188 | 192 |
| 11.8 | 98 | 102 | 106 | 110 | 114 | 118 | 122 | 126 | 130 | 134 | 138 | 142 | 146 | 149 | 153 | 157 | 161 | 165 | 169 | 173 | 177 | 181 | 185 | 189 | 193 | 197 |
| 12.0 | 100 | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 | 180 | 184 | 188 | 192 | 196 | 200 |
| 12.3 | 103 | 107 | 111 | 115 | 119 | 123 | 127 | 131 | 135 | 139 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 | 180 | 185 | 189 | 193 | 197 | 201 | 205 |
| 12.5 | 104 | 108 | 113 | 117 | 121 | 125 | 129 | 133 | 138 | 142 | 146 | 150 | 154 | 158 | 163 | 167 | 171 | 175 | 179 | 183 | 188 | 192 | 196 | 200 | 204 | 208 |
| 12.8 | 107 | 111 | 115 | 119 | 124 | 128 | 132 | 137 | 141 | 145 | 149 | 154 | 158 | 162 | 166 | 171 | 175 | 179 | 183 | 188 | 192 | 196 | 201 | 205 | 209 | 213 |
| 13.3 | 111 | 115 | 120 | 124 | 129 | 133 | 137 | 142 | 146 | 151 | 155 | 160 | 164 | 168 | 173 | 177 | 182 | 186 | 191 | 195 | 200 | 204 | 208 | 213 | 217 | 222 |
| 13.5 | 113 | 117 | 122 | 126 | 131 | 135 | 140 | 144 | 149 | 153 | 158 | 162 | 167 | 171 | 176 | 180 | 185 | 189 | 194 | 198 | 203 | 207 | 212 | 216 | 221 | 225 |
| 13.8 | 115 | 120 | 124 | 129 | 133 | 138 | 143 | 147 | 152 | 156 | 161 | 166 | 170 | 175 | 179 | 184 | 189 | 193 | 198 | 202 | 207 | 212 | 216 | 221 | 225 | 230 |
| 14.0 | 117 | 121 | 126 | 131 | 135 | 140 | 145 | 149 | 154 | 159 | 163 | 168 | 173 | 177 | 182 | 187 | 191 | 196 | 201 | 205 | 210 | 215 | 219 | 224 | 229 | 233 |
| 14.5 | 121 | 126 | 131 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 164 | 169 | 174 | 179 | 184 | 189 | 193 | 198 | 203 | 208 | 213 | 218 | 222 | 227 | 232 | 237 | 242 |
| 15.0 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | 230 | 235 | 240 | 245 | 250 |
| 15.5 | 129 | 134 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 171 | 176 | 181 | 186 | 191 | 196 | 202 | 207 | 212 | 217 | 222 | 227 | 233 | 238 | 243 | 248 | 253 | 258 |
| 15.8 | 132 | 137 | 142 | 147 | 153 | 158 | 163 | 169 | 174 | 179 | 184 | 190 | 195 | 200 | 205 | 211 | 216 | 221 | 226 | 232 | 237 | 242 | 248 | 253 | 258 | 263 |
| 16.0 | 133 | 139 | 144 | 149 | 155 | 160 | 165 | 171 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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 |
|-------|---------|------|----|-----|-----|
| なし | | | | | |