

厚生労働科学研究費補助金

循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業

エネルギー必要量推定法に関する基盤的研究

(H18-循環器等(生習)-一般-041)

平成18年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 田中 茂穂

平成19(2007)年 3月

目 次

I. 総括研究報告	
エネルギー必要量推定法に関する基盤的研究	1
田中 茂穂	
II. 分担研究報告	
1. 「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の“エネルギー必要量”における課題	8
佐々木 敏	
2. 加速度計を用いた身体活動量の評価法	13
高田 和子	
3. 基礎代謝基準値の妥当性の検討	18
宮地 元彦	
4. 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	23
内藤 義彦	
5. 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	28
田中 茂穂	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	38
IV. 研究成果の刊行物・別刷	40

エネルギー必要量推定法に関する基盤的研究

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

エネルギー消費量や身体活動量の推定法を改善・確立することによって、食事摂取基準のエネルギー必要量や運動基準・指針に資する研究を行うのが、本研究の目的である。初年度である18年度は、以下のような結果が得られた。1) 現時点での主な課題は、①身体活動レベルの実用的な設定法を含む、エネルギー必要量の推定式と推定誤差の提示、②一部の性・年齢階級における身体活動レベルの標準値や基礎代謝基準値の見直し、③身体活動や食事による代謝亢進の考慮、④「適度な身体活動レベル」の設定等である。2) 従来用いられてきた1次元加速度計は、家事活動等を過小評価するのに対し、3次元加速度計では、生活活動もある程度評価できる可能性が示唆された。3) 体重あたりの基礎代謝量は、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、また、体重あたりの基礎代謝量を一律に定めている基準値の規定方法の見直しが必要であると考えられた。4) 身体活動質問紙 JALSPAQ は、身体活動量の変化を活動内容・運動強度別に、ある程度定量的に把握できる。5) 日常生活レベルでの身体活動に伴う活動後の代謝亢進は、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。18年度より、二重標識水法に加え、複数の質問紙・加速度計・歩数計を用いて、日常生活のエネルギー消費量・身体活動量の測定を開始しており、今後、質問紙や歩数計による推定法の確立や加速度計の妥当性の検討を進めていく予定である。

分担研究者

高田和子（(独) 国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム 上級研究員）

宮地元彦（((独) 国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム 運動ガイドラインプロジェクトリーダー）

佐々木敏（(独) 国立健康・栄養研究所 栄養疫学プログラムリーダー）

内藤義彦（武庫川女子大学 生活環境学部 教授）

A. 研究目的

日本人の栄養所要量は、「日本人の食事摂取基準（2005年版）」で、大きく改定された。その中で、エネルギー必要量についても、「推定エネルギー必要量」という概念を導入し、二重標識水（DLW）法から得られたエネルギー消費量の値から策定されるなど、概念から値まで、大きな変化をとげた。しかし、集団における平均値として改善さ

れものの、集団・個人レベルでの推定法をはじめ、いくつかの課題を残している。

また、「健康づくりのための運動基準 2006」「健康づくりのための運動指針 2006」では、中強度以上の身体活動を 23 メッツ・時/週以上行うことが望ましいとしている。しかし、その評価法については、十分に吟味されているとは言えない。

そこで、本研究では、エネルギー消費量や身体活動量の推定法を改善・確立し、食事摂取基準のエネルギー必要量や運動基準・指針に資する研究を行うこととした。

B. 研究方法

1. 「日本人の食事摂取基準（2005 年版）」の“エネルギー必要量”における課題

「日本人の食事摂取基準（2005 年版）」におけるエネルギー必要量の策定方法を再検証した。また、FAO/WHO/UNU のエネルギー必要量や米国/カナダの食事摂取基準（DRI）については、それぞれ 2004 年末と 2005 年に最終版が発表された。そこで、それらと比較することによって、問題点を検討した。

2. 加速度計を用いた身体活動量の評価法

健康な成人男性 24 名、女性 16 名（22 歳～67 歳）を対象に、1 次元（鉛直方向）加速度計、3 次元（前後、上下、左右）加速度計を装着させた上で、基礎代謝量（BMR）および計 14 種類の日常生活活動中のエネルギー消費量を測定した。それを BMR で除して、各活動について身体活動強度（physical activity ratio : PAR）を算出した。

3. 基礎代謝基準値の妥当性の検討

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、18 歳～70 歳代までの健康な一般成人男女 419 名を対象に BMR の測定を行い、性別、年齢階級毎に現在の基礎代謝基準値を用いた推定値と実測値を比較することによって、個人の基礎代謝量推定の妥当性を検討した。

4. 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

某自治体の健康教育プログラムにおいて、既に国内の大規模疫学研究において導入されている身体活動量質問紙（JALSPAQ）および加速度計を用いて、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。

5. 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

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 3 つの生活パターン（それぞれ約 24 時間）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。対象は、健康な成人男性 11 名とした。

倫理面への配慮

本研究は、疫学研究に関する倫理指針（平成 16 年文部科学省・厚生労働省告示第 1 号）に則り、各研究機関におけ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. 「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の“エネルギー必要量”における課題

以下のような課題があげられた。

- 1) 身体活動レベルの実用的な設定法を提示できなかった。2) エネルギー必要量の推定誤差を提示できなかった。3) 一部の性・年齢階級における身体活動レベルの標準値や基礎代謝基準値は検証されていない。4) 身体活動や食事による代謝亢進の影響が十分に考慮されていない可能性がある。5) 「適切な身体活動レベル」を提示できなかった。

2. 加速度計を用いた身体活動量の評価法

1次元加速度計は、歩行強度はかなり評価できたが、掃除機かけ、洗濯物干しおよび皿洗いなどの家事活動は過小評価することが明らかとなった。一方、3次元加速度計では、一部の活動を除いて、生活活動もある程度評価できる可能性が示唆された。

3. 基礎代謝基準値の妥当性の検討

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。

4. 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

JALSPAQにより得られた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。各活動における1日あたり消費エネルギー量(メッツ・時)や各活動時間における3メッツ以上の時間の平均値についても、同様の傾向がみられた。一方、加速度計では、1日当たり1,000歩、40kcalの増加と推定され、中強度や高強度の活動時間に有意な増加を認められた。

5. 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

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代謝亢進相当分の割合は、それぞれ $1.2 \pm 2.7\%$ (M-day)、 $1.0 \pm 0.8\%$ (V-day)と小さかった。ただし、代謝亢進相当分と体力との間には有意な相関関係が認められ、体力の低い者ほど代謝亢進が大きい傾向にあった。

D. 考察

1. 「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の“エネルギー必要量”における課題

質問紙、あるいは、例えば歩数計や加速度計のような簡便で客観的な方法を用いて、身体活動レベルを推定する方法を確立する必要がある。ただし、推定式の中のそれぞ

れの係数を、ある程度の信頼度をもって得るためには、①じゅうぶんな数の観察数、②じゅうぶんに標準化されて得られたデータ、③考慮したい変数（性・年齢・身長・体重と身体活動強度のカテゴリー）分布におけるじゅうぶんなヴァリエーション、が必要である。

2. 加速度計を用いた身体活動量の評価法

1次元加速度計では、家事をはじめとする生活活動と歩行とで、PAR とライフコーダの“運動強度”との関係が大きく異なることが示された。したがって、日常生活の中で、今回の家事活動や物を持った歩行、自転車こぎ、階段昇降などの活動の比重が大きいほど、「1日当たりのエネルギー消費量」の過小評価が説明できるはずである。この点は、3次元加速度計の水平方向と垂直方向の加速度の違いで説明ができる可能性がある。このような性質をうまく利用すれば、単に合成加速度だけで推定するより、生活活動を含む PAR を、より正確に推定できることが期待される。

3. 基礎代謝基準値の妥当性の検討

BMR の決定要因である除脂肪量の減少が、体重当たりの BMR の減少に影響している可能性が考えられる。また、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ことは、標準的な体重から外れるほど、基礎代謝基準値は大きな誤差をもたらすことを示す。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。

4. 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

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。ただし、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り、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。

5. 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

現在のエネルギー消費量の推定精度からすると、今回得られた代謝亢進相当のエネルギーは非常に小さく、総エネルギー消費量の推定においては考慮する必要はないと考えられた。ただし、個人差は大きく、低体力者においては、100kcal/日を越える者も観察された。このことより、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。

E. 結論

1. 「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の“エネルギー必要量”における課題

身体活動レベルの実用的な設定法を含む、エネルギー必要量の推定式と推定誤差の提示、一部の性・年齢階級における身体活動レベルの標準値や基礎代謝基準値の見直し、

身体活動や食事による代謝亢進の影響、「適切な身体活動レベル」を提示、などを、観察データおよび実験データに基づいて進める必要がある。

2. 加速度計を用いた身体活動量の評価法

1次元加速度計は、家事活動は過小評価することが明らかとなった。一方、3次元加速度計では、一部の活動を除いて、生活活動もある程度評価できる可能性が示唆された。

3. 基礎代謝基準値の妥当性の検討

現代人の体重あたりの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あたりの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、体重あたりの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。

4. 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

身体活動質問紙JALSPAQは、身体活動量の変化を活動内容・運動強度別にある程度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、加速度計やDLW法を基準とした妥当性の検討、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残っている。

5. 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

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、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。

本報告書には含めなかったが、18年度より、日常生活におけるエネルギー消費量・摂取量および身体活動量の測定も開始した。現在検討している3次元加速度計による新たな身体活動評価法や複数の質問紙法および歩数計などの方法に加え、総エネルギー消費量の妥当基準として、DLW法を用いている。対象は、様々な身体活動レベルや年齢にわたる健康な成人男女約180名を予定している。質問紙法や歩数からエネルギー消費量を推定する方法を確立するとともに、加速度計による推定の妥当性をあわせて検討する予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 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.

Tanaka C, Tanaka S, Kawahara J, Midorikawa T. Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity*: 15: in press, 2007.

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, 2006.8.

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.

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, 2006.5.

Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Uenishi K, Yamasaki M, Hayabuchi H, Goda T, Oka J, Baba K, Ohki K, Kohri T, Watanabe R, Sugiyama Y. Misreporting of dietary energy, protein, potassium and sodium in relation to body mass index in young Japanese women. *Eur J Clin Nutr* 2007: (advance online publication, 14 February 2007; doi:10.1038/sj.ejcn.1602683).

佐々木敏. 健康的な食生活習慣形成を目指した食事摂取基準. *学術の動向*: 11(5): 28-33, 2006.5.

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

Naito Y. The Effect of Aqua-exercise on Impairment Glucose Tolerance by Randomized Controlled Trail using Accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*: 38(5): 664, 2006.5.

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.

2. 学会発表

Ishikawa-Takata K, Rafamantanantsoa HH, Okazaki H, Tanaka S, Sasaki S, Ohkubo K, Tabata I. Physical activity level among healthy Japanese adults estimated by the doubly labeled water method. 53rd Annual Meeting of American College of Sports Medicine. May 31- June 3, 2006, Denver, USA.

Midorikawa T, Tanaka S, Kaneko K, Koizumi K, Ishikawa-Takata K, Futami J, Tabata I. Evaluation of type and quantity of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry. 53rd Annual Meeting of American College of Sports Medicine. May 31- June 3, 2006, Denver, USA.

Tanaka S, Tanaka C, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Ambulation speed and duration during free-living conditions. Physical activity + obesity International congress satellite conference Aug 31- Sep 2, 2006, Brisbane, Australia.

Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Tabata I. Total energy expenditure estimated using pedometer. Physical activity + obesity International congress satellite conference Aug 31- Sep 2,

2006, Brisbane, Australia.

Tanaka S., Midorikawa T, Katsukawa F, Futami J, Ishikawa-Takata K., Tabata I. Seasonal variation of basal and sleeping metabolic rates. 10th International Congress on Obesity: 2006.9.5: Sydney.

Tanaka C, Tanaka S., Kawahara J, Midorikawa T, Yoshimura A, Yamaguchi T. Triaxial accelerometer for assessment of physical activity in 5- to 6-year old children. 10th International Congress on Obesity: 2006.9.5: Sydney.

田中千晶, 河原純子, 緑川泰史, 吉村亜沙子, 田中茂穂. 手首および腰部装着型の加速度計を用いた幼児の身体活動量の評価精度. 第 61 回日本体力医学会大会: 2006.9.25: 神戸.

田中茂穂, Ganpule Anjali, 高田和子, 田畑泉. 基礎代謝量と睡眠時代謝量の推定式および個人間変動. 第 27 回日本肥満学会: 2006.10.28: 神戸.

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. 日本発育発達学会 第 5 回大会: 2007.3.17: 東京.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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

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

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

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

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

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の“エネルギー必要量”における課題

分担研究者 佐々木 敏 （独）国立健康・栄養研究所 栄養疫学プログラムリーダー
主任研究者 田中 茂穂 // 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

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」における“エネルギー必要量”の策定法を再検証し、今後改善すべき課題を整理した。その結果、

1. 身体活動レベルの実用的な設定法を提示できなかった。
2. エネルギー必要量の推定誤差を提示できなかった。
3. 一部の性・年齢階級における身体活動レベルの標準値や基礎代謝基準値は検証されていない。
4. 身体活動や食事による代謝亢進の影響が十分に考慮されていない可能性がある。
5. 「適切な身体活動レベル」を提示できなかった。

などの課題があり、それぞれの課題について考察した。これらのうち、特に重要な上記の5つの課題について、日本人を対象とした検討が必要である。

A. 研究目的

各種の栄養素摂取量は、エネルギー摂取量に伴って決まるのが一般的であると考えられる。そのため、いろいろな条件における食事を考える場合、まずはどれだけの量、すなわちどれだけのエネルギーを摂取すべきかを決定することが重要になる。

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」は、1999年に発表された「第六次 日本人の栄養所要量－食事摂取基準」と大きく異なるものとなった。その中で、策定根拠や値そのものについて、最も大きく変わった栄養素等の一つが、エネルギー必要量である。

しかし、エネルギー必要量の策定根拠は、かつてより科学的な根拠に基づいてはいるものの、いくつかの大きな問題を残してい

る。そこで、「日本人の食事摂取基準（2005年版）」における推定エネルギー必要量の策定根拠を検証し、国際的なエネルギー必要量の策定根拠とも比較しながら、現在残された課題と解決すべき点を提案することとした。

B. 研究方法

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」におけるエネルギー必要量の策定方法を再検証した。また、FAO/WHO/UNUのエネルギー必要量や米国／カナダの食事摂取基準（DRI）については、それぞれ2004年末と2005年に最終版が発表された。そこで、それらと比較することによって、問題点を検

討した。

C. 研究結果と考察

1. 「日本人の食事摂取基準（2005年版）」の特徴

以下のような点があげられる。

1) 他の栄養素と同様に、確率論的考え方を適用し、推定エネルギー必要量 (estimated energy requirement: EER) とした。

2) 推定エネルギー必要量 (EER) は基礎代謝量 (BMR) に身体活動レベル (Physical activity level, PAL) を乗じた値を用いた

3) エネルギーの摂取基準は、二重標識水法 (DLW 法) を用いて測定したものを基礎とした

4) システマティックレビューにより文献を収集した

中でも、今回初めて、DLW 法という客観的で、より信頼のできる方法から値を決定したことが、最も大きな特徴である。従来は、国際的にも、また日本の栄養所要量でも、生活活動毎の所要時間と推定強度から推定していた。

2. 問題点

1) 身体活動レベルの具体的な設定法

これまでエネルギー必要量の決定に用いられてきた生活活動記録に基づく要因加算法は、BMR や各活動強度 (activity factor : AF) の値の妥当性はもちろん、食事誘発性体熱産生や運動後の代謝亢進 (excess of post-exercise oxygen consumption : EPOC) を含む曲線的なエネルギー消費量の変化に対応できないこと、記録の正確性など、様々な誤差要因が伴う (山村, 2002)。そこで、現時点で、最も日常生活におけるエネルギ

ー消費量を正確かつ非侵襲的に評価できる DLW 法の結果に基づくこと自体は、大きな改善と考えられる。しかし、現在の食事摂取基準には、3つの身体活動レベル毎に、ごく簡単な生活内容の記述と、強度別の時間の目安が表に示されているに過ぎない。更に問題なのは、この表を使用してエネルギー消費量を推定すると、真の値と一致するか、確認されていないことである。この点については、米国/カナダの DRI (2005) や FAO/WHO/UNU (2004) についても、同様であるが、日本のような比較的均一な集団で、ある程度正確性が保証される推定法を提示することはできるはずである。そこで、質問紙、あるいは、例えば歩数のような簡便で客観的な方法を用いて、身体活動レベルを推定する方法を確立する必要がある。

また、FAO/WHO/UNU (2004) では、基礎代謝量の倍数として表現した様々な活動の強度 (physical activity ratio としているが、Afに等しい) を平均することにより、一日当たりの身体活動レベルを推定することとしている。“「日本人の食事摂取基準 (2005年版)」の活用”でも、日本独自の活動強度の指標であるエネルギー代謝率 (relative metabolic rate : R.M.R.) から Af を推定している (田中, 2005)。それに対し、米国/カナダの DRI では、メッツ (MET) 値の平均に、メッツの分母である座位安静時代謝量と基礎代謝量の比率で補正することによって、身体活動レベルを推定することとしている。このように、活動強度の指標が混在していることも、混乱を招く原因となっている。

2) 総エネルギー消費量の推定式

米国/カナダの DRI (2005) では、性・年

年齢・身長・体重と身体活動強度のカテゴリーを代入することによって、総エネルギー消費量（＝エネルギー必要量）を推定する式を提示している。この式の特徴は、BMRを推定せずに、直接、総エネルギー消費量を求めていることである。その点で、より推定精度が優れる可能性はあり、今後、こうした方法についても、検討が必要である。

ただし、この推定式は観察データから得られる回帰式であり、回帰式の中のそれぞれの回帰係数がある程度の信頼度をもって得るためには、①じゅうぶんな数の観察数、②じゅうぶんに標準化されて得られたデータ、③考慮したい変数（性・年齢・身長・体重と身体活動強度のカテゴリー）分布におけるじゅうぶんなヴァリエーション、が必要といったような、克服すべき問題が多数存在する。

3) エネルギー必要量の推定誤差

米国/カナダのDRI（2005）は、推定エネルギー必要量の推定誤差を提示している。その値は、200kcal/日弱と非常に小さい値となっている。ただし、その際に用いた身体活動強度は、DLW法とBMRの実測値同士から得られた真値をカテゴリー化したものであり、現実的に使用可能なものではない。

エネルギー必要量の推定誤差は、エネルギー必要量を利用する上で、大変基礎的な情報であり、方法論毎に提示する必要がある。

4) 標準体型から外れた個人における基礎代謝量の推定

新しい食事摂取基準においても、第六次と同様の基礎代謝基準値を採用した。その際、最近の報告と基礎代謝基準値を比較したところ、全体として大きな差はみられな

いことを確認している。

ただし、性別・年齢区分別の厳密な検討ではない。また、体重が基準体重から大きく外れるほど、推定誤差が大きくなることが予想される。こうしたことから、現在の基礎代謝基準値は、集団の概算には利用できても、個人別の推定には問題があることが懸念される。

5) 子どもや高齢者の身体活動レベル

今回、成人については、DLW法を用いて身体活動レベルを決定することができたが、子どもや高齢者については、システマティックレビューから抽出された国外のデータに基づいている。身体活動レベルは、生活環境の影響を受けることが考えられるため、日本独自のデータが望まれる。

また、69歳までの身体活動レベルの標準値が1.75になっているのに対し、70歳以降は1.5となっている。もちろん、70歳を超えて急に活動量が減少するわけではない。70歳以上における値の妥当性を検討するとともに、連続性に関する解決策を提示することが望ましい。

6) 食事調査結果との整合性

一般に、食事調査から推定されたエネルギー摂取量は過小評価される傾向にある（Livingstone, 2003；田中, 2005；Okubo, 2006）。しかし、食事の選択は、エネルギー消費量の測定よりは、食事調査と本質的に近い。したがって、エネルギー摂取量をエネルギー消費量の測定から得られた値に設定したつもりでも、実際はそれ以上に食べている可能性がある。この状態が続けば、体重増加、ひいては肥満につながるものが懸念される。したがって、食事調査の精度を評価するとともに、原因を明らかにし、

食事調査の方法の改善につなげる必要がある。

さらに、食事調査から推定されたエネルギー摂取量（いくつかの栄養素摂取量も同様）は、肥満度など、個人特性によって無視できない誤差が存在することが日本人でも明らかにされている (Okubo, 2003; Okubo, 2006; Murakami, (advance online publication))。この点からも、少なくとも現時点では、食事調査から得られるエネルギー摂取量をそのまま、個人ならびに集団の摂取量とするのは困難である。

7) 身体活動や食事による代謝亢進の影響

米国/カナダの DRI (2005) では、身体活動レベルがおよそ 1.5 に相当する座位中心の生活をベースとして、そこから付加される活動については全て、活動後の代謝亢進相当分として、各活動の推定エネルギー消費量の 15%分を更に付加することによって、身体活動レベルを求めることとしている。

また、食事誘発性体熱産生は総エネルギー消費量の約 10%であることを利用して、それらの増加分を 0.9 で割ることによって、身体活動量の増加に伴う食事誘発性体熱産生の増加分も考慮している。

それに対し、FAO/WHO/UNU (2004) では、このような補正は考慮されていない。

8) 授乳婦・妊産婦、および発育に伴う付加量

これらの値も、国内の値ではなく、国外の非常に丁寧な少数の研究から得られた結果をもとにしている。そのため、FAO/WHO/UNU (2004) や米国/カナダの DRI (2005) とはほぼ一致しているものの、日本人にあてはまるか検討する余地がある。

9) 「適度」の PAL

「第六次 日本人の栄養所要量—食事摂取基準」では、国民の大部分は、身体活動レベルが約 1.5 であるとしながら、それに運動習慣が加わった時に期待される約 1.7 という値を、「適度」とした。しかし、実はこれらの値には、十分な根拠がなかった。

一方で、最近の国際肥満学会などが提示したガイドラインは、質問紙調査による疫学的な研究結果や、DLW 法を用いた観察研究などに基づいて、およそ 1.7 の身体活動レベルが、体重増加予防に有効ではないかとしている (Saris, 2003)。日本人を対象にした研究によって、この値を検討していくことが望まれる。

D. 結論

上記の課題、特に、重要性や実現可能性から、以下の点について早急に解決する必要がある。

- 1) 質問紙法や歩数などの簡便な方法などによる、身体活動レベルの推定法を確立すること
- 2) 各方法によるエネルギー必要量や基礎代謝量の推定式を作成し、推定誤差を明示すること
- 3) 子どもや高齢者における身体活動レベルを提示すること
- 4) 身体活動や食事による代謝亢進の影響を明らかにすること
- 5) 「体重増加予防」に有効な身体活動レベルを決定すること

E. 研究発表

1. 論文発表

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, 2006.5.

Murakami K, Sasaki S, Takahashi Y, Uenishi K, Yamasaki M, Hayabuchi H, Goda T, Oka J, Baba K, Ohki K, Kohri T, Watanabe R, Sugiyama Y. Misreporting of dietary energy, protein, potassium and sodium in relation to body mass index in young Japanese women. *Eur J Clin Nutr* 2007: (advance online publication, 14 February 2007; doi:10.1038/sj.ejcn.1602683).

佐々木敏. 健康的な食生活習慣形成を目指した食事摂取基準. *学術の動向*: 11(5): 28-33, 2006.5.

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.

2. 学会発表

なし

F. 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

加速度計を用いた身体活動量の評価法

分担研究者 高田和子 （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 上級研究員
研究協力者 田中 茂穂 // エネルギー代謝プロジェクトリーダー
大河原 一憲 // 特別研究員
引原 有輝 // 技術補助員

本研究では、日常生活にみられる様々な身体活動について、エネルギー消費量の測定に基づいた身体活動強度を評価するとともに加速度計をあわせて装着し、加速度計から身体活動強度を推定する方法について検討した。

健康な成人男女について、1次元（鉛直方向）加速度計、3次元（前後、上下、左右）加速度計を装着させた上で、基礎代謝量（BMR）および計14種類の日常生活活動中のエネルギー消費量を測定した。今年度は、解析の終了している男性24名、女性16名について報告する。

1次元加速度計では、歩行の場合に限り、“運動強度”が活動強度（PAR）と相関がみられた。3次元加速度計では、階段昇りおよび自転車を除いて、合成加速度とPARとの間に、1次元加速度計より全体として強い相関がみられた。

1次元加速度計は、歩行強度はかなり評価できたが、掃除機かけ、洗濯物干しおよび皿洗いなどの家事活動は過小評価することが明らかとなった。一方、3次元加速度計では、一部の活動を除いて、生活活動もある程度評価できる可能性が示唆された。

A. 研究目的

エネルギー消費量の構成要素のうち、最も大きな割合（平均して約60%）を占めるのは、基礎代謝量である。これは、体格から推定することが可能である（Ganple, in press）。食事誘発性体熱産生は、エネルギー消費量の約10%で、比較的一定していると考えられている。これら2つを除く「身体活動に伴うエネルギー消費量」には、比較的大きな個人間変動がみられる。そのため、

エネルギー消費量を推定するには、体格とともに、身体活動量の推定が重要である。

これまで、加速度計法あるいは質問紙法の妥当性に関する我々の検討結果、またその他、論文に公表されている結果によると、多くの一次元加速度計は、エネルギー消費量を過小評価する傾向にある（田中, 2006）。これは、主に上下方向の加速度から歩行以外の活動を評価することに限界があるためと考えられる。一方、質問紙法は、身体活

動のすべてを簡便にとらえることが困難で、個人間差の評価にもたえる方法となっていない。

また、「健康づくりのための運動基準2006」をはじめ、最近の身体活動に関するガイドラインの多くは、「中強度以上の身体活動」を対象としている。そのため、運動以外の「生活活動」を客観的に評価する方法を確立することが望まれる。

そこで、本研究では、日常生活にみられる様々な身体活動について、エネルギー消費量の測定に基づいた身体活動強度を評価するとともに加速度計をあわせて装着し、加速度計から身体活動強度を推定する方法について検討した。

B. 研究方法

1. 被験者

被験者は、健康な成人男女とした。今回は、そのうち、分析の終了した成人男性24名、女性16名（22歳～67歳）の結果について報告する。

2. 測定手順

前日は、午後9時までに夕食終え、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、1次元（鉛直方向）加速度計、3次元（前後、上下、左右）加速度計を装着させた上で基礎代謝量（BMR）および計14種類の日常生活

活動中のエネルギー消費量を測定した。

3. 基礎代謝量（BMR）

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。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。測定値は2回の平均値とし、Weir（1949）の式を用いてBMRを算出した。

4. 日常生活活動中のエネルギー消費量

被験者には、加速度センサが内蔵された1次元加速度計（Lifecorder, SUZUKEN Co. Ltd., Nagoya, Japan）および3次元加速度計（ActivTracer AC-210, GMS Co. Ltd., Tokyo, Japan）を腰部に装着させた。その際、機器を水平に遊びがないように装着した。機器を装着し、BMRの測定が終了した後、座位安静、パソコン作業、掃除機かけ、洗濯物干し、皿洗い、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のかばん）を持って歩行（70m/min）、ジョギング（原則として140m/min）および自転車漕ぎ（原則として男性：80W、女性：60W）の各身体活動中の呼気を採取して、エネルギー消費量を求めた。それを基礎代謝量で除して、身体活動強度（physical activity ratio：PAR）を算出した。

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次元加速度計（ライフコーダ）では、歩行の場合に限り、“運動強度”が活動強度（PAR）と相関がみられた（図、上）。掃除機かけ、洗濯物干しおよび皿洗いなどの家事活動や低強度の活動に限定すると相関がみられたが、PARと“運動強度”の関係式が歩行の場合と大きく異なっていた。

3次元加速度計では階段昇りおよび自転車を除いて、合成加速度とPARとの間に、1次元加速度計より全体として強い相関がみられた（図、下）。生活活動と歩行とでは、PARと合成加速度との関係に違いがみられた。また、歩行と比べて生活活動は、垂直方向より水平方向の加速度が大きい傾向がみられた。

D. 考察

今回用いたライフコーダは、歩行強度を評価できること（樋口，2003；Kumahara，2004）から、日本で幅広く用いられている。しかし、ライフコーダが表示するエネルギー消費量では、1日当たりの消費エネルギーが過小評価されることが複数の研究により明らかとなっている（田中，2006）。その原因は十分に明らかとなっていないが、本研究では、家事をはじめとする生活活動と歩行とで、PARとライフコーダの“運動強度”との関係が大きく異なることが示され

た。したがって、日常生活の中で、今回の家事活動や物を持った歩行、自転車こぎ、階段昇降などの活動の比重が大きいほど、先に述べた「1日当たりのエネルギー消費量」の過小評価が説明できるはずである。

一方、3次元加速度計の場合は、自転車こぎや階段昇降などを除くと、全体として、PARと合成加速度との間にある程度の相関がみられた。掃除機かけなどの生活活動と歩行とでは、関係式が若干異なるが、水平方向と垂直方向の加速度の違いで説明ができる可能性がある（Tanaka，2007）。したがって、このような性質をうまく利用すれば、単に合成加速度だけで推定するより、生活活動を含むPARを、より正確に推定できることが期待される。

日常生活の中で、歩行タイプと生活活動タイプの活動がどのような割合で観察されるか、現時点ではわからない。ただし、Leenders（2006）は、二重標識水（DLW）法を基準として、様々な加速度計の推定式を検討した。その結果、歩行時の加速度とエネルギー消費量との関係から得られた推定式では、1日のエネルギー消費量を過小評価する傾向が顕著であるが、生活活動から得られた推定式では、必ずしもそういう傾向がみられないことを明らかにした。

現在、我々も、様々な対象者における日常生活について、二重標識水（DLW）法とともに、それらの加速度計の装着と質問紙調査を開始した。また、今回結果を提示するには至らなかったが、3次元加速度計を用いて新たな推定法を検討している。今後、これらの研究を通して、加速度計や質問紙を用いた新たな推定法を確立するとともに、それらの妥当性を提示していく予定である。

E. 結論

今回用いた 1 次元加速度計（ライフコーダ）では、歩行強度はかなり評価できたが、掃除機かけ、洗濯物干しおよび皿洗いなどの家事活動は過小評価することが明らかとなった。一方、3 次元加速度計では、一部の活動を除いて、生活活動もある程度評価できる可能性が示唆された。

今後、3 次元加速度計を用いた新たな推定式を提示するとともに、DLW 法を用いて日常生活での妥当性を検討する予定である。

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.

Tanaka C, Tanaka S, Kawahara J, Midorikawa T. Triaxial accelerometry for assessment of physical activity in young children. *Obesity*: 15: in press, 2007.

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.

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.

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, 2006.8.

2. 学会発表

Ishikawa-Takata K, Rafamantanantsoa HH, Okazaki H, Tanaka S, Sasaki S, Ohkubo K, Tabata I. Physical activity level among healthy Japanese adults estimated by the doubly labeled water method. 53rd Annual Meeting of American College of Sports Medicine. May 31- June 3, 2006, Denver, USA.

Midorikawa T, Tanaka S, Kaneko K, Koizumi K, Ishikawa-Takata K, Futami J, Tabata I. Evaluation of type and quantity of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry. 53rd Annual Meeting of American College of Sports Medicine. May 31- June 3, 2006, Denver, USA.

Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Tabata I. Total energy expenditure estimated using pedometer. Physical activity + obesity International congress satellite conference Aug 31- Sep 2, 2006, Brisbane, Australia.

Tanaka S, Tanaka C, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Ambulation speed and duration during free-living conditions: Physical activity + obesity International congress satellite conference Aug 31- Sep 2, 2006, Brisbane, Australia.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

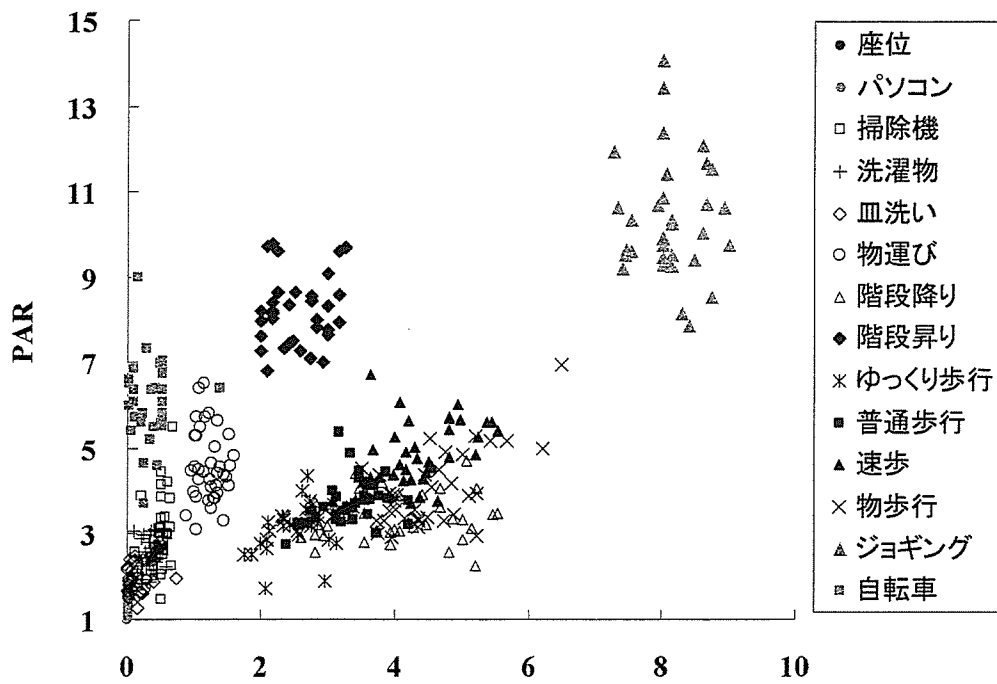
なし

2. 実用新案登録

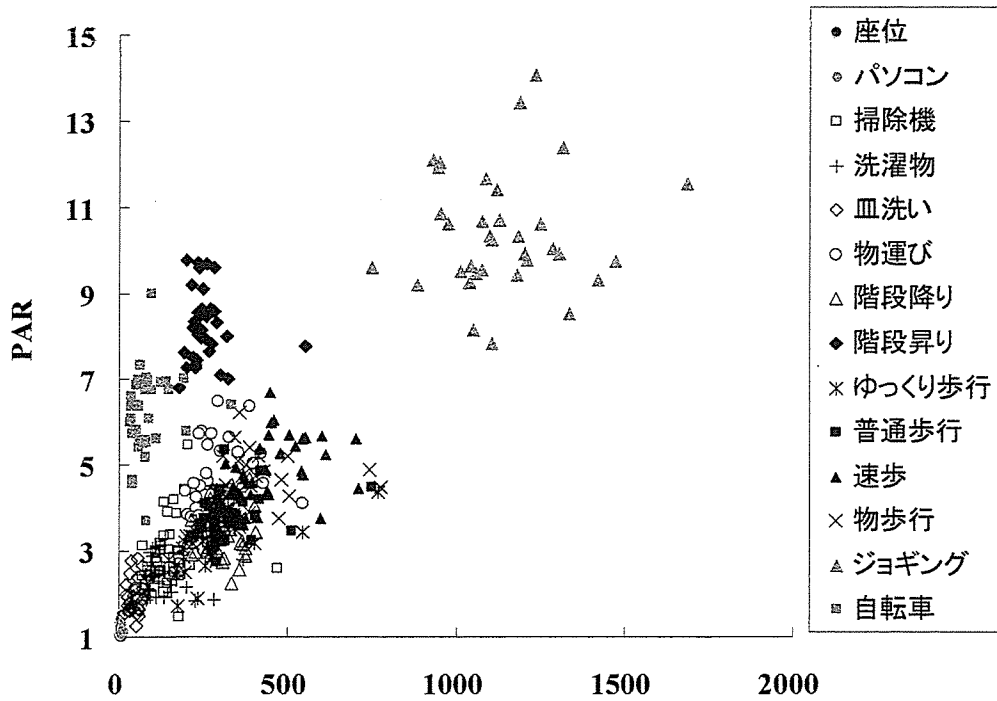
なし

3. その他

なし



ライフコーダ強度



合成加速度 [アクティブトレーサー]

図. PAR とライフコーダの運動強度 (上) および 3 次元加速度計 (下) の合成加速度との関係.

基礎代謝基準値の妥当性の検討

主任研究者	宮地元彦	（独）国立健康・栄養研究所	健康増進プログラム 運動ガイドラインプロジェクトリーダー
研究協力者	高田 和子	〃	上級研究員
	谷本道哉	〃	特別研究員
	田中茂穂	〃	エネルギー代謝プロジェクトリーダー

現在使用されている「日本人の食事摂取基準（2005年版）」に用いられている基礎代謝基準値は1969年に栄養所要量が策定されたときのものであるが、その後、大きな変更はされておらず、性・年齢階級別に妥当性が十分に検討されているわけではない。そこで本研究では、18歳以降の男女のBMRの測定を行い、性別、年齢階級毎に現在の基礎代謝基準値を用いた推定値と実測値を比較することによって、個人の基礎代謝量推定の妥当性を検討することとした。性別・年齢階級によっては、基準値よりも本研究での実測値がかなり小さくなっていった。また、いずれの性別・年齢階級においても、体重の増加にしたがって体重当たりのBMRが低下することが観察された。現在の基礎代謝基準値は体重あたりの値が一律で採用されているが、体重ごとの体重当たりのBMRの違いを考慮したものに改定する必要性が示唆される。

A. 研究目的

現在使用されている「日本人の食事摂取基準（2005年版）」に用いられている基礎代謝基準値（kcal/kg/日）は1951-66年に実測された値をもとにしたものであり、1969年以来大きな変更はされていない。飽食の時代といわれる現在と当時とは、食事内容や生活環境の変化に伴う身体活動の質や量が大きく変わっている。身長・体重・身体組成などの身体的条件も、それに伴い大きく変化している。

「日本人の食事摂取基準（2005年版）」では、基礎代謝量（Basal Metabolic Rate：BMR）を報告している近年のいくつ

かの研究結果より、体重当たりの基礎代謝量と基礎代謝基準値に大きな差はないとし、変更しなかった。しかし、性別・年齢別の詳細な検討はなされていない。また、体重と基礎代謝基準値の単純な積では、標準的な体格から外れる者において、推定誤差が大きくなる可能性がある。

本研究では18歳以降の男女の基礎代謝量の測定を行い、現在と基礎代謝基準値と比較して、その妥当性の評価を行うことを目的とした。

B. 研究方法

① 対象者