

201412016B

厚生労働科学研究費補助金

循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業  
(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業)

生活習慣病予防や身体機能維持のための  
エネルギー・たんぱく質必要量の推定法に関する基盤的研究

(H24-循環器等(生習)一般-004)

平成24年度～平成26年度  
総合研究報告書

研究代表者 田中 茂穂

平成27(2015)年 3月

## 目 次

I. 総括研究報告	
生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量 推定法に関する基盤的研究	----- 1
田中茂穂、高田和子、木戸康博、吉田英世、佐々木敏、引原有輝	
II. 分担研究報告	
1-0. エネルギーおよびたんぱく質必要量の推定における調査研究協力者選定について	--9
吉田英世	
1-1. 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル	-----12
田中茂穂、高田和子、吉田英世、佐々木敏、山田陽介、中江悟司	
1-2. 指標アミノ酸酸化法(IAAO法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討 (指標アミノ酸酸化法による日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量に関する研究)	----- 18
木戸康博、吉田英世、小川亜紀	
2. 中学生の身体活動レベルを決定する要因の検討	
—国立大学附属中学校を対象事例として—	-----30
引原有輝、田中茂穂、渡邊将司、古泉佳代、金子佳代子、高田和子	
3. 子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー	-----39
海老根直之、中江悟司	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----44
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----45

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業  
（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業）

総括研究報告書

## 生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量 推定法に関する基盤的研究

研究代表者 田中茂穂 （独）国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 部長

「日本人の食事摂取基準」におけるエネルギー必要量を決定するために、特に日本人の知見が不足している高齢者や小児を中心に、身体活動レベル（PAL）や基礎代謝量などの推定を通じてエネルギー消費量の推定法を改善・確立することが、本研究の主な目的である。最終年度である26年度は、以下のような結果が得られた。

1) 脳卒中、心筋梗塞、がんなどの既往がなく、日常生活をほとんど支障なく営んでいる在宅高齢者男女を対象に、二重標識水法に基づく総エネルギー消費量および基礎代謝量と、それらから得られるPALのデータの収集を完了した。データを採用した対象者67名における体格および歩数の平均値は国民健康・栄養調査と同程度であり、本研究対象者は標準的な日本人集団に近いと考えられる。しかしながら、いずれの性・年齢区分においても、食事摂取基準の「ふつう」に比べてPALは高値を示した。一方で、3次元加速度計を用いて身体活動を評価したところ、活動強度は高いものの歩数としてはカウントされない身体活動が多くみられた。

2) その一部の対象者において、指標アミノ酸酸化（Indicator Amino Acid Oxidation; IAAO）法によるたんぱく質代謝要求量を求めた。本年度は80歳以上を対象として測定を実施し、最終的に、対象者は、70～74歳、75～79歳、80歳以上のそれぞれ10名ずつ（計30名）となった。その結果、鶏卵をたんぱく質源とした際の健康な日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量（推定平均必要量：EAR）は70～74歳、75～79歳、80歳以上でそれぞれ、1.20 g/kg BW/day、1.12 g/kg BW/day、1.20 g/kg BW/dayであった。70歳以上の3つの年齢区分でたんぱく質代謝要求量に顕著な違いは認められなかった。高齢者では若年成人と比較して、より多くのたんぱく質を摂取する必要があると考えられた。

3) 首都圏内と首都圏外の国立大学附属中学校に通う男女117名（男子60名、女子57名）において、二重標識水法による総エネルギー消費量および基礎代謝量測定を実施した。対象者の平均PALは、 $1.83 \pm 0.25$ であった。また、PALを従属変数、質問紙による生活習慣諸因子を独立変数に投入した重回帰分析により、PALの多寡に寄与する要因として、休み時間の過ごし方、学校部活動のない日の放課後の過ごし方、ならびに往復通学合計時間が選択された。

4) 幼児の推定エネルギー必要量の策定根拠として利用可能な文献資料の収集とその精査を行ったが、基礎代謝量の実測値から求められる身体活動レベルを報告する

新たな文献は見あたらず、幼児の場合、体重あたりのエネルギー必要量の基準値を示すアプローチの方が有効である可能性が示唆された。

以上のように、高齢者や小児を中心に、総エネルギー消費量やPAL、基礎代謝量推定法の問題点を指摘した。

## 研究分担者

高田和子（(独) 国立健康・栄養研究所 栄養教育研究部 栄養ケア・マネジメント研究室長）

木戸康博（京都府立大学大学院生命環境科学研究科 教授）

吉田英世（東京都健康長寿医療センター研究所 老年医学 副部長）

佐々木敏（東京大学大学院医学系研究科 公共健康医学専攻 教授）

引原有輝（千葉工業大学工学部 准教授）

海老根直之（同志社大学スポーツ健康科学部 准教授）

## A. 研究目的

「日本人の食事摂取基準（2015年版）」において、エネルギー必要量は、二重標識水（DLW）法から得られたエネルギー消費量の値に基づき策定されている。他の栄養素と比べると、日本人のデータが数多く利用されているが、高齢者や小児の身体活動レベル（PAL）などについては、欧米のデータに依存しているなど、いくつかの課題を残している。

そこで、最終年度にあたる26年度は、高齢者や小児を中心に、日常生活における総エネルギー消費量やPALの推定法の改善を通して、食事摂取基準のエネルギー必要量の推定に資する測定を完遂し、最終的な分析結果を得ることとした。

## B. 研究方法

### 1-0. エネルギーおよびたんぱく質必要量の推定における調査研究協力者選定について

自立した高齢者におけるエネルギーおよびたんぱく質必要量を推定するために、東京都板橋区の地域在住の高齢者で、東京都健康長寿医療センター研究所にて把握している高齢者に継続的な調査研究を目的とした2つの健診コホート（2011年健診コホート、2008年健診コホート）を対象とした。これらの健診コホートより、2012年～2014年の3年間に、調査研究協力者の募集を、第1回（2012年10～12月）、第2回（2013年9～10月）、第3回（2014年3～4月）の計3回実施した。対象者は、日常生活が自立している者で、脳卒中、狭心症・心筋梗塞、糖尿病、悪性新生物、うつの既往者を、いずれの募集においても調査協力対象者から除外した。第2回と第3回は、歩数調査を実施した上で対象者を選別した。また、最終年度は、活動的ではない80～84歳の高齢女性を対象とするために、歩行速度が同年代の平均値以下の者からも募集を行った。

### 1-1. 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル

これまで大きな病歴がなく、日常生活をほとんど支障なく営んでいる65～85歳の在宅高齢者男女を対象とした。2014年4月

に、希望者に対する説明会を行い、参加に同意した希望者 33 名全員に対し、歩数調査を行った。それらの対象者から、昨年度までの対象者とあわせて、歩数の平均値が国民健康・栄養調査に近くなるように選ばれた 17 名を対象に、二重標識水 (DLW) 法および基礎代謝量の実測による 1 日の PAL の測定と加速度計による測定を行った。また、昨年度の対象者について、サンプルの分析を進め、総エネルギー消費量・PAL を算出した。

### 1-2. 指標アミノ酸酸化法(IAAO 法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討

上記の対象者のうち、80 歳以上の日本人高齢者を被験者とした。その結果、3 年間で、70~74 歳、75~79 歳、80 歳以上の各 10 名 (計 30 名) の結果を得た。摂取たんぱく質量が、0.5、0.7、0.9、1.0、1.2、1.4 g/kg BW/day となるよう調整した 6 段階の実験食を用いた。実験食のエネルギー摂取量は、体重×基礎代謝基準値×1.5 kcal/day とした。被験者には、実験前夜 21 時より絶食を依頼し、実験日の 9:00 から 18:00 まで 1 時間ごとに、実験食を 1 日摂取量の 1/12 量ずつ提供した。指標アミノ酸として、L-[1-<sup>13</sup>C]-フェニルアラニン (<sup>13</sup>C-Phe) を用いた。13:00 に <sup>13</sup>C-Phe、<sup>13</sup>C 標識炭酸水素ナトリウム (NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>) を経口摂取させた。14:00 から 18:00 まで 1 時間ごとに <sup>13</sup>C-Phe を経口摂取させた。<sup>13</sup>C-Phe 経口摂取開始より 19:00 まで、経時的に呼気を採取した。呼気中 <sup>13</sup>C 標識二酸化炭素 (<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>) 量を赤外分光分析装置により測定し、Mixed Effect Change Point Regression Model (ME-CPRM) により解析し、たんぱく質代謝要求量を算出し

た。

## 2. 中学校 3 年間における生徒の身体活動量ならびに体力の経年変化

対象者は、首都圏内 (I 群) と首都圏外 (O 群) の国立大学附属中学校に通う男女 117 名 (男子 60 名、女子 57 名) とした。対象者には、二重標識水法および基礎代謝量の測定を実施した。また、対象者には、生活習慣状況に関する質問紙への回答を依頼した。

## 3. 子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー

幼児のエネルギー必要量の策定根拠として利用可能な文献資料の収集とその精査を目的として、国際データベース (PubMed)、国内データベース (医中誌 Web) を活用し、18 歳までの年齢に限定して文献収集を行った。加えて、データベースに掲載されていない学術論文についても探索・収集した。

### 倫理面への配慮

本研究は、疫学研究に関する倫理指針 (文部科学省・厚生労働省) 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

### 1-1. 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル

全ての測定を完了した対象者は延べ 67 名となり、いずれの性・年齢区分においても国民健康・栄養調査と比べて体格・歩数は同じ程度であった。また、いずれの性・年齢区分においても、食事摂取基準で定められている身体活動レベル「ふつう」に比べ高めの数値であった。歩数としては反映されない身体活動を強度別に評価することが可能な 3 次元加速度計によると、歩行を伴わないものの強度の高い身体活動が 1 日 30 分～60 分程度みられた。PAL を算出するための分母である基礎代謝量と推定された基礎代謝量との誤差の平均は約 1.7% であり、比較的良好に一致していた。

#### 1-2. 指標アミノ酸酸化法(IAAO 法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討

18:30 に採取した各たんぱく質摂取量での呼気中  $^{13}\text{CO}_2$  量を解析した結果、呼気中  $^{13}\text{CO}_2$  量は、たんぱく質摂取量が増すにつれ減少し、ある摂取量で一定となった。この屈曲点に相当するたんぱく質摂取量をたんぱく質代謝要求量とした。鶏卵をたんぱく質源とした際の健康な日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量(推定平均必要量: EAR)は 70～74、75～79、80 歳以上でそれぞれ、1.20 g/kg BW/day、1.12 g/kg BW/day、1.20 g/kg BW/day であった。70 歳以上の 3 つの年齢区分でたんぱく質代謝要求量に顕著な違いは認められなかった。

#### 2. 中学校 3 年間における生徒の身体活動量ならびに体力の経年変化

対象者の平均 PAL は、 $1.83 \pm 0.25$  であった。男女別では、男子で  $1.86 \pm 0.28$ 、女子で  $1.79 \pm 0.21$  であり、男女間に有意差は認め

られなかった。また、学校 (I 群 vs. O 群) と性別による交互作用は認められなかった。また、PAL を従属変数、質問紙による生活習慣諸因子を独立変数に投入した重回帰分析により、PAL の多寡に寄与する要因として、休み時間の過ごし方、学校部活動のない日の放課後の過ごし方(放課後に体を動かす時間 30 分未満)、ならびに往復通学合計時間が選択された。

#### 3. 子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー

PubMed を用いた検索から、幼児ならびに幼児を含む対象者で、一日の総エネルギー消費量と PAL が共に掲載されている原著論文が 4 篇存在した。しかし、いずれの論文も 2010 年版レビューにおける算入基準を満たしてはいなかった。幼児の総エネルギー消費量のみを報告している文献としては、4 篇の原著論文が確認された。日本人幼児・小児を対象に二重標識水 (DLW) 法を用いた研究は国際データベース上には確認されなかった。

国内データベースを用いた検索においても、過去 5 年間、日本人幼児または小児を対象に DLW 法を用いた研究論文は存在しなかったが、データベースに依存しない情報収集の結果、日本人低身長児 ( $5.2 \pm 0.5$  歳、8 名) を対象に実施された TEE と PAL の結果を含む論文が、和文学術雑誌にて出版待ちであることが確認された。

#### D. 考察

##### 1-1. 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル

歩行を伴わない低強度活動が1日3時間から4時間程度、中高強度活動は1日30～60分程度検出されていることから、歩数のみでは高齢者の身体活動の評価には不十分かもしれない。

### 1-2. 指標アミノ酸酸化法(IAAO法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討

本研究でIAAO法により算出されたたんぱく質代謝要求量の値は、現行の高齢者のたんぱく質必要量である0.85 g/kg BW/dayと比較して高値である。現行のたんぱく質必要量は、窒素出納法で算出されており、低たんぱく質摂取に適応させたたんぱく質代謝状態での窒素平衡維持に必要なたんぱく質量である。よって、このたんぱく質必要量を下回るたんぱく質量を継続的に摂取すると、たんぱく質欠乏症が発症すると考えられる。そのため、現行のたんぱく質必要量は、加齢による除脂肪量の低下を防止できる値であるか不明である。サルコペニア等が問題となる高齢者では、骨格筋の変化によるたんぱく質代謝への影響も考慮する必要がある。一方、習慣的に十分量のたんぱく質を摂取している状態でIAAO法によって算出される値は、習慣的なたんぱく質摂取量でのたんぱく質代謝に必要なたんぱく質代謝要求量と考えられる。よって、このたんぱく質摂取量を下回るたんぱく質量を継続的に摂取してもたんぱく質欠乏症は発症しないと考えられる。

### 2. 中学校3年間における生徒の身体活動量ならびに体力の経年変化

質問紙に基づいた対象者の生活習慣状況により対象者が必ずしも活動的な運動・ス

ポーツ集団ではないことを踏まえると、食事摂取基準2010年度版に示されている1.65（レベルⅡ：普通）を見直す必要があると考えられた。また、PALへ寄与する諸因子の中に、課外活動が含まれていなかったことから、学校部活動のない日や本研究では抽出されなかった休日の過ごし方について詳細に分析できるような質問項目を再検討する必要があると考えられた。

### 3. 子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー

幼児を対象に、基礎代謝量の実測値から求められるPALを報告する文献は新規に発見されなかった。このため、反映されるデータの数をエビデンスの強さと考えて基準値策定を行うのであれば、従来型の基礎代謝量×PALから推定エネルギー必要量を求める方法ではなく、例えば、体重あたりの総エネルギー消費量の基準値を示すアプローチの方が、特にデータの少ない幼児のエネルギー基準値策定の際には有効ではないかと考えられた。

## E. 結論

### 1-1. 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル

体格および歩数に関しては日本人高齢者の平均的な値であったものの、本研究対象者のPALは食事摂取基準に比べて高値であった。本研究では、体格・歩数に焦点を絞って自立した高齢者を対象として調査を進めてきたが、今後は、様々な特性を有する日本人高齢者についても検討する必要がある。本研究結果は、日本人高齢者、特に後

期高齢者が含まれている点、および対象特性がかなり明確である点で、国際的にも貴重な資料であり、食事摂取基準の策定に資する成果が得られたといえる。

### 1-2. 指標アミノ酸酸化法(IAAO法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討

鶏卵たんぱく質をたんぱく質源とした際の健康な日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量は1.20 g/kg BW/dayと算出され、70歳以上の3つの年齢区分でたんぱく質代謝要求量に顕著な違いは認められなかった。高齢者では若年成人と比較して、より多くのたんぱく質を摂取する必要があると考えられた。

### 2. 中学校3年間における生徒の身体活動量ならびに体力の経年変化

本研究結果より食事摂取基準2010年度版に示されている1.65(レベルII:普通)を見直す必要があること、ならびに学校部活動のない日や本研究では抽出されなかった休日の過ごし方についての質問項目の再検討の必要があることが示唆された。

### 3. 子どもの推定エネルギー必要量のエビデンス収集を目的とする文献レビュー

幼児のエネルギー必要量の策定根拠として利用可能な文献資料の収集とその精査を行ったが、基礎代謝量の実測値から求められるPALを報告する新たな文献は見あたらず、幼児の場合、体重あたりのエネルギー必要量の基準値を示すアプローチの方が有効である可能性が示唆された。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

田中茂穂. エネルギー代謝の加齢変化. 高石昌弘監修、樋口満・佐竹隆編著 からの発達と加齢の科学. 大修館書店, 98-111, 2012

Hikihara Y, Tanaka S, Ohkawara K, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Validation and comparison of 3 accelerometers for measuring physical activity intensity during nonlocomotive activities and locomotive movements. *J Phys Act Health*, 9(7), 935-943, 2012

Tanaka S. Status of physical activity in the Japanese population. *J Phys Fitness Sports Med*, 1(3), 491-497, 2012

Hibi M, Ando T, Tanaka S, Tokuyama K. Human calorimetry: energy expenditure and substrate utilization measurements using a respiratory chamber. *J Phys Fitness Sports Med*, 2(1), 93-99, 2013

Tabata I, Ebine N, Kawashima Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Higuchi M, Yoshitake Y. Dietary Reference Intakes for Japanese 2010: Energy. *J Nutr Sci Vitaminol*, 59(Supplement), S26-S35, 2013

Ohkawara K, Hikihara Y, Matsuo T, Melanson EL, Hibi M. Variable factors of total daily energy expenditure in humans. *Journal of Physical Fitness*

- and Sports Medicine, 1(3), 389-399, 2012
- 田中茂穂. エネルギー消費量の構成成分と肥満. 成人病と生活習慣病, 42(5), 527-531, 2012
- 三宅理江子, 田中茂穂. エネルギーを知る・運動を知る－その関係と仕組みを学ぶ－ 4 基礎代謝の推定式について. 臨床栄養, 121(7), 786-790, 2012
- 大島秀武, 引原有輝, 大河原一憲, 高田和子, 三宅理江子, 海老根直之, 田畑泉, 田中茂穂. 加速度計で求めた「健康づくりのための運動基準 2006」における身体活動の目標値(23 メッツ・時/週)に相当する歩数. 体力科学. 61(2), 193-199, 2012
- 田中千晶, 田中茂穂. 日本人勤労者の日常の身体活動量における歩・走行以外の身体活動の寄与 体力科学. 61(2), 435-441, 2012
- Park J, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Hikihara Y, Ohkawara K, Watanabe S, Miyashi M, Morita A, Aiba N, Tabata I. The relationship of body composition to daily physical activity in free-living Japanese adult men. Br J Nutr, 111(1), 182-188, 2014
- Tanaka C, Fujiwara Y, Sakurai R, Fukaya T, Yasunaga M, Tanaka S. Locomotive and non-locomotive activities evaluated with a triaxial accelerometer in adults and elderly individuals. Aging Clin Exp Res, 25(6), 637-643, 2013
- Kaneko K, Ito C, Koizumi K, Watanabe S, Umeda Y, Ishikawa-Takata K. Resting energy expenditure (REE) in sic- to seventeen-year-old Japanese children and adolescents. J Nutr Sci Vitamiol, 59(4), 299-309, 2013
- Ishikawa-Takata K, Keneko K, Koizumi K, Ito C. Comparison of physical activity energy expenditure in Japanese adolescents assessed by EW4800P triaxial accelerometry and the doubly labeled water method. Br J Nutr, 110(7), 1347-1355, 2013
- 田中茂穂, 安藤貴史. 活動量計による身体活動のモニタリング. 体育の科学, 64, 534-540, 2014.
- 田中茂穂. 子どもの食事とエネルギー. 子どもと発育発達. 12, 91-96, 2014.
- 田中茂穂. VII. 肥満症の予防・治療 食事療法「エネルギー摂取と体重管理」. 日本臨床 増刊号「最新肥満症学」, 72(増刊号 4): 423-427, 日本臨床社(東京), 2014.
- 笹井浩行, 引原有輝, 岡崎勘造, 中田由夫, 大河原一憲. 加速度計による活動量評価と身体活動増進介入への活用(総説)、運動疫学研究(印刷中), 2015.
- 田中千晶, 引原有輝, 安藤貴史, 大河原一憲、薄井澄誉子、佐々木玲子、田中茂穂. 関東圏在住幼児の体力・運動能力と就学前の保育・教育施設内および施設外における運動・スポーツの実施状況や日常の身体活動量に関する横断的研究、体力科学、63、323-331, 2014.
- Hikihara Y, Tanaka C, Oshima Y, Ohkawara, Ishikawa-Takata K, Tanaka S. Prediction Models Discriminating between Nonlocomotive and Locomotive Activities in Children Using a Triaxial Accelerometer with a Gravity-removal Physical Activity

Classification Algorithm, PLoS One, 9, e94940, 2014.

## 2. 学会発表

田中茂穂. 総エネルギー消費量の変動に寄与する身体活動の種類及び肥満への関与. 第14回日本健康支援学会年次学術大会, 2013

Hikihara Y, Midorikawa T, Ohta M, Tanaka S. Validity of Triaxial Accelerometer for Assessment of Total Energy Expenditure in Primary School Children against Doubly Labeled Water Method, European College of Sports Science, 2012, Bruges.

Tanaka S, Nakae S, Ando T. Accuracy of activity monitors for assessing low intensity physical activity: a systematic review. 2013 International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement (ICAMPAM 2013): 2013

田中茂穂. 食事摂取基準における推定エネルギー必要量の改定に資する研究. 第68回日本体力医学会大会 ランチョンセミナー, 2013

田中茂穂. 食事誘発性体熱産生 (DIT). 第11回大連合大会: 第35回日本臨床栄養学会総会・第34回日本臨床栄養協会総会ワークショップ1: 食べ方と血糖管理, 2013

後藤千景, 小川亜紀, 小林ゆき子, 桑波田雅士, 吉田英世, 木戸康博. 指標アミノ酸酸化法による日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量の算出. 第60回日本栄養改善学会学術総会 (神戸), 2013年9

月.

清水香名子, 近藤祐美加, 大嶋美咲, 小川亜紀, 速水耕介, 小林ゆき子, 桑波田雅士, 吉田英世, 木戸康博. 指標アミノ酸酸化法を用いた日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量の算出. 第13回日本栄養改善学会近畿支部学術総会 (京都), 2014年12月.

大嶋美咲, 清水香名子, 近藤祐美加, 小川亜紀, 速水耕介, 小林ゆき子, 桑波田雅士, 木戸康博. 指標アミノ酸酸化法を用いた日本人成人女性のたんぱく質必要量の個人内変動・個人間変動の検討. 第13回日本栄養改善学会近畿支部学術総会 (京都), 2014年12月.

引原有輝. 乳児期から児童期, そして思春期へ、経年的にみる子どもの身体能力、身体組成、身体活動およびそれらの相互関連、第71回大会日本生理人類学会(シンポジウム)、神戸大学, 2014年11月.

引原有輝. 様々な側面からみた子どもの身体活動の意義: 遊び、運動・スポーツ、中高強度活動、座位行動、「子どもにおける運動・スポーツの意義」、第13回日本発育発達学会(シンポジウム)、日本大学, 2015年3月.

## 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

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業  
（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業）

生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量の  
推定法に関する基盤的研究

研究代表者 国立健康・栄養研究所 田中茂穂 基礎栄養研究部 部長

## II 分担研究者の報告書

### エネルギーおよびたんぱく質必要量の推定における調査研究協力者選定について

研究分担者 吉田英世（東京都健康長寿医療センター研究所）

#### 研究要旨

本研究の目的は、自立した高齢者におけるエネルギーおよびたんぱく質必要量を推定することである。この研究の調査研究協力として、東京都板橋区の地域在住の高齢者で、東京都健康長寿医療センター研究所にて把握している高齢者に継続的な調査研究を目的とした2つの健診コホート（2011年健診コホート、2008年健診コホート）を対象とした。

これらの健診コホートより、2012年～2014年の3年間に、調査研究協力者の募集を、第1回（2012年10～12月）、第2回（2013年9～10月）、第3回（2014年3～4月）の計3回実施した。そして、対象者は、日常生活が自立している者で、脳卒中、狭心症・心筋梗塞、糖尿病、悪性新生物、うつ病の既往者を、いずれの募集においても調査協力対象者から除外した。

第1回調査研究協力者の募集は、2012年10月に、2011年健診コホートより65～84歳の高齢者170名を調査研究協力対象者として募り、12月の調査説明会にて66名が本研究に参加登録した。

第2回調査研究協力者の募集は、2013年9月に、第1回の参加登録者のうちの不参加者（25名）や、第1回募集時において非協力者（104名）ならびに、2011年健診コホート内の新たな対象者（154名）を併せた285名を調査研究協力対象者として募り、同年10月の調査説明会にて62名が本研究に参加登録し、歩数調査を実施した結果、18名にしぼった。

第3回調査研究協力者の募集は、2014年3月に、2011年コホートより65～69歳の高齢者を無作為に3分の1（51名）ならびに、2006年コホートより80～84歳の高齢女性で歩行速度が同年代の平均値以下の者（58名）、併せて109名を調査研究協力対象者として募り、同年4月の調査説明会にて33名が本研究に参加登録し、歩数調査を実施した結果、22名にしぼった。

#### A. 調査研究対象コホート

本研究の目的は、自立した高齢者におけ

るエネルギーおよびたんぱく質必要量を推定することである。この調査研究協力者を

募集する対象者として、東京都板橋区在住の高齢者とし、東京都健康長寿医療センター研究所（東京都老人総合研究所）にて、把握している以下の2つの高齢者を対象とした健診コホートをを用いた。

#### 1) 2011年健診コホート

2011年7月現在、板橋区住民基本台帳に登録されている65～84歳の高齢者（男女）で、東京都健康長寿医療センター研究周辺在住（栄町を含む9町丁）の6,699名（施設入居者、過去の健診受診者を除外）が対象者である。このうち2011年10月上旬に実施した健康調査受診希望者は、1,183名（申込率；17.7%）であり、実受診者は、913名（受診率；77.2%）であった。

この2011年受診者913名のうち、2011年時点で健診データの使用に非同意の15名と、すでに他の介入研究に参加予定の22名、計37名（事前除外群）を除いた876名を、今後当研究コホートにて、何らかの介入研究を実施するのに先駆けて、介入研究群（438名）と、観察研究群（438名）の便宜的に2群に区分をした。

#### 2) 2006年健診コホート

2006年7月現在、板橋区住民基本台帳に登録されている70～84歳の地域在住の高齢者（女性のみ）で、東京都老人総合研究所周辺の19町丁に在住の約6,000名（施設入居者、過去の健診受診者を除外）が対象者である。このうち、2006年11月上旬に実施した健康調査の受診者は、957名であった。

### B. 調査協力者募集

本研究では、2012年～2014年の3年間に、調査協力者の募集を、第1回（2012年10～12月）、第2回（2013年9～10月）、第3回（2014年3～4月）の計3回実施した。

調査協力者としては、あまり大きな病歴がなく、日常生活をほとんど支障なく営んでいる方々を対象とすることから、健診時の問診等において把握された、脳卒中、狭心症・心筋梗塞、糖尿病、悪性新生物、うつ等の既往者を、いずれの募集においても、事前に調査協力対象者より除外をした。

#### 1) 第1回調査協力者募集

調査対象コホートは、2011年コホートであり、2011年および2012年の健診を両年ともに受診した530名である。このうち、前述の介入研究群は、254名、観察研究群；250名、事前除外群；26名であった。

そして、2012年10月の研究協力者募集の対象集団には、介入研究群を選択した。さらに、2011年の健診にて把握された脳卒中（15名）、狭心症（8名）・心筋梗塞（6名）、糖尿病（22名）、悪性新生物（29名）、うつ（16名）で、総数84名（重複者を含む）の既往者を除いた170名（男性；60名、女性；110名）を調査研究協力対象者として、2012年11月に研究協力者を募り、12月の調査説明会にて66名（男性；21名、女性；45名）が本研究に参加登録した。

#### 2) 第2回調査協力者募集

調査対象コホートは、第1回と同様であり、2011年コホートをを用いて、2011年および2012年の健診を両年ともに受診した530名である。

このうち、第2回調査協力者の対象者として、以下の①～③の基準にて選定した。

①第1回調査の参加登録者のうち、2012年12月のエネルギー必要量調査に不参加であった25名を再度調査研究協力対象者とした。

②第1回調査の調査研究協力対象者のうち、調査研究協力が得られなかった104名に対しても改めて再度協力を依頼するために調査研究協力対象者とした。

③観察研究群（250名）も新たな調査研究

協力対象とし、2012年の健診にて把握された脳卒中（16名）、狭心症（11名）・心筋梗塞（8名）、糖尿病（42名）、悪性新生物（31名）、うつ（7名）で、総数94名（重複者を含む）の既往者を除いた156名（男性；60名、女性；96名）を調査研究協力者とした。

以上より、①～③の調査研究協力対象者；計285名を、第2回の調査研究協力対象者として、2013年9月に研究協力者を募り、10月の調査説明会にて、62名が本研究に参加登録し、歩数調査を実施した結果、18名にしぼった。

### 3) 第3回調査協力者募集

前年度までの時点で、高齢女性における平均歩数が国民健康・栄養調査より大きいため、より活動的でない対象集団を選ぶこととした。

①65～69歳の調査研究協力者；調査対象コホートは、前述の2011年コホートで、2013年10月の健康調査で受診した65～69歳の211名である。このうち、脳卒中（11名）、狭心症（2名）・心筋梗塞（3名）、糖尿病（24名）、悪性新生物（23名）で、総数59名（重複者を含む）の既往者を除いた152名を研究協力対象者とし、さらに、この中から無作為に3分の1を抽出した51名（男性；24名、女性；27名）を調査研究対象者とした。

②80～84歳の調査研究協力者；調査対象コホートは、2006年コホートで、2013年11月の健康調査で受診した80～84歳の154名である。このうち、脳卒中（10名）、狭心症（15名）・心筋梗塞（2名）、糖尿病（17名）で、総数36名（重複者を含む）の既往者を除いた118名より、歩行速度が同年代の平均以下（1.2m/秒以下）の58名（女性のみ）を調査研究対象者とした。

以上、①、②の調査研究協力者；計109名（男性；24名、女性；85名）を第3回調査研究協力対象者として2014年3月に研究協力を募り、4月の調査説明会にて、33名が本研究に参加登録し、歩数調査を実施した結果、22名にしぼった。

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業  
（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業）

生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量の  
推定法に関する基盤的研究

研究代表者 国立健康・栄養研究所 田中茂穂 基礎栄養研究部 部長

## II 分担研究者の報告書

### 自立した高齢者におけるエネルギー消費量および身体活動レベル

研究代表者 田中茂穂 (独) 国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 部長  
研究分担者 高田和子 (独) 国立健康・栄養研究所 栄養教育研究部  
栄養ケア・マネジメント研究室室長  
吉田英世 東京都健康長寿医療センター研究所 老年医学 副部長  
佐々木敏 東京大学大学院医学系研究科 公共健康医学専攻 教授  
研究協力者 山田陽介 (独) 国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 研究員  
中江悟司 (独) 国立健康・栄養研究所 基礎栄養研究部 特別研究員

「日本人の食事摂取基準（2015年版）」のエネルギー必要量において、70歳以上の身体活動レベル（physical activity level: PAL）は、平均年齢が70歳前半までの比較的元気な高齢者を対象とした論文に基づいており、70歳代後半～80歳代におけるPALの知見は乏しい。そこで、70歳代後半～80歳代を含むよう、65歳以上の日本人男女を対象に、DLW法に基づく総エネルギー消費量（total energy expenditure: TEE）および基礎代謝量（basal metabolic rate: BMR）と、それらから得られるPALのデータを収集し、日本人のEERの策定に資する資料を提供することを本研究の目的とする。初年度から3年間をかけて、自立した高齢者における測定を継続した。

全ての測定を完了した対象者のうち67名のデータを採用すると、いずれの性・年齢区分においても、体格および歩数は国民健康・栄養調査と同程度であり、本研究対象者は標準的な日本人集団に近いと考えられる。しかしながら、いずれの性・年齢区分においても、食事摂取基準の「ふつう」に比べてPALは高値を示した。一方で、3次元加速度計を用いて身体活動を評価したところ、活動強度は高いものの歩数としてはカウントされない身体活動が多くみられた。平均的な歩数および体格である日本人高齢者のPALが明らかとなった一方で、日本人高齢者の代表性についてさらに検討を進める必要性が示唆された。

## A. 研究目的

「日本人の食事摂取基準（2015年版）」のエネルギー必要量において、70歳以上の身体活動レベル（physical activity level: PAL）は、「ふつう」が1.70であり、70歳未満の値（「ふつう」が1.75）とほとんど同じである。しかし、これらの値は、平均年齢が70歳台前半までの比較的元気な高齢者を対象とした、二重標識水（doubly labeled water: DLW）を用いた論文に基づいており、70歳代後半以上におけるPALの知見は乏しいのが現状である。最近、Speakman & Westerterp (2010)は、DLW法のデータを用いて、52歳以降、PALが低下していくという結果を提示している。また、90歳以上の高齢者のPALは低いという結果も得られている（Rothenberg, 2000）。

そのため、70歳代後半～80歳代を含むよう、65歳以上の日本人を対象に、DLW法に基づく総エネルギー消費量（total energy expenditure: TEE）および基礎代謝量（basal metabolic rate: BMR）と、それらから得られるPALのデータを収集し、日本人のエネルギー必要量の策定に資する資料を提供することを、本研究の目的とする。25年度までに48名の測定を実施したが、75歳以上の特に女性において、活動的な対象者が多かった。そこで、初年度から3年間をかけて、歩数調査を行い対象者を厳選した上でデータを収集することとした。また、たんぱく質の推定平均必要量に及ぼす影響についても検討できるように、一部の対象者については、指標アミノ酸酸化(indicator amino acid oxidation: IAAO)法による測定もあわせて行った。

## B. 研究方法

### 1. 対象者

板橋区お達者健診コホートの介入研究対象者から、これまで大きな病歴がなく、日常生活をほとんど支障なく営んでいる65～85歳の男女を対象とした。初めに、希望者に対する説明会を行い、たんぱく質必要量に関する対象者を含むように、本研究の対象者を決定した。日本人の代表値を得るため、国民健康・栄養調査と同程度の歩数となるよう、対象者を選択した。

高齢者を対象とした過去の文献をレビューした上で（表1）、以下の疾病等を有する者は除外した。

- ・動脈硬化性疾患(心筋梗塞、脳卒中、狭心症、鬱血性心不全)
- ・慢性閉塞性肺疾患
- ・悪性疾患(最近5年間の発症)、がん
- ・認知症
- ・重度な疾患
- ・運動禁忌
- ・日常生活に支障がある
- ・糖尿病
- ・うつ、軽症うつ

### 2. 方法

初年度は、DLW法等の調査と同時に、歩数調査を実施したが、2年度目と3年度目は、説明会に参加し参加に同意した希望者全員に対し、歩数調査を行った。それらの対象者から、歩数の平均値が国民健康・栄養調査に近くなるよう、本測定の対象者を選別することとした。歩数は、国民健康・栄養調査で用いられている歩数計YAMASA AS-200を用い、平日2日の結果を、対象者本人に記入してもらった。対

象者の選出後、日常生活での総エネルギー消費量・活動量の調査を実施した。調査期間は、約2週間とした。

主な項目は以下のとおりである。

- ・二重標識水の摂取、および調査期間中に計8回の採尿
- ・ダグラスバッグ法による基礎代謝量測定
- ・3次元加速度計（オムロンヘルスケア Active style Pro HJA-350IT）の装着
- ・身長、体重
- ・質問紙法による身体活動調査、食事調査、既往歴等の調査

これらの測定に基づき、期間中の TEE の平均値および PAL などを求めることとした。

また、DLW 法および実測した基礎代謝量の値に基づき、身体活動レベルを求めた。

### 3. 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

全ての測定を完了した対象者は延べ67名となり、いずれの性・年齢区分においても国民健康・栄養調査と比べて体格は同じ程度であった（表2）。また、いずれの性・年齢区分においても、国民健康・栄養調査の歩数との差が300歩未満であった（表3）。

安定同位体の解析を終えた57名の総エ

ネルギー消費量、実測した基礎代謝量、推定した基礎代謝量、身体活動レベルを表4に示す。いずれの性・年齢区分においても、食事摂取基準で定められている身体活動レベル「ふつう」に比べ高めの数値であった。表5は3次元加速度計で評価した身体活動強度別活動種別活動時間であるが、歩行を伴わないものの強度の高い身体活動が1日30分～60分程度みられた。

### D. 考察

本研究は、日本人における TEE や PAL の代表値を得ることを目的としている。そのため、少人数における標本抽出の妥当性を評価するための指標として、身長・体重の体格に加え、歩数を用いている。2年度目と3年度目は歩数調査を先に行い、国民健康・栄養調査の平均・標準偏差（SD）に近づけるようにした。その結果、男女ともに国民健康・栄養調査との平均値とかなり一致してきた（表3）。また、体格についても国民健康・栄養調査と一致しており、有職率や運動習慣についても全国平均に近い。そのため、本研究の対象者は平均的な日本人高齢者と考えられる。

しかしながら、本研究対象者における身体活動レベルは、食事摂取基準における「ふつう」の値より高かった（表4）。食事摂取基準における身体活動レベルの策定根拠となった研究対象者の多くは前期高齢者であり、比較的元気で活動的な者が多かったため、それを上回った本研究結果は予想外の結果ともいえる。一方で、これまで日本人高齢者を対象とした報告はわずかに一報にすぎず、特に高齢者においては、疾病構造や平均寿命の異なる諸外国のデータをそのま

ま日本人に当てはめることにそもそも無理があったのかもしれない。

PAL を算出するための分母である基礎代謝量と推定された基礎代謝量との誤差の平均は約 1.7%であり、比較的良好一致していた。すなわち、PAL が高値を示したのは総エネルギー消費量が高かったためであり、そこから基礎代謝量を除いた身体活動によるエネルギー消費量が多かったためと考えられる。歩数としては反映されない身体活動を強度別に評価することが可能な 3 次元加速度計によると (表 5)、歩行を伴わない低強度活動が 1 日 3 時間から 4 時間程度、中高強度活動は 1 日 30~60 分程度検出されていることから、歩数のみでは高齢者の身体活動の評価には不十分かもしれない。

#### **E. 結論**

体格および歩数に関しては日本人高齢者の平均的な値であったものの、本研究対象者の PAL は食事摂取基準に比べて高値であった。本研究では、体格・歩数に焦点を絞って自立した高齢者を対象として調査を進めてきたが、今後は、様々な特性を有する

日本人高齢者についても検討する必要がある。本研究結果は、日本人高齢者、特に後期高齢者が含まれている点、および対象特性がかなり明確である点で、国際的にも貴重な資料であり、食事摂取基準の策定に十分資する成果が得られたといえる。

#### **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. 高齢者を対象とした DLW 法を用いた研究における除外基準に関するレビュー結果

除外基準・選定基準(右の数字は文献	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
代謝性疾患									○	
内分泌障害		△							○	
動脈硬化性疾患(心筋梗塞、脳卒中、狭心症、鬱血性心不全)			○							
慢性閉塞性肺疾患			○							
糖尿病			○							
悪性疾患(最近5年間の発症)			○							
認知症			○							
がん						○				
重度な疾患			○	△	○	○				○
アルコール依存症									○	
心電図異常			○							
服薬なし		○	○						○	
運動禁忌					△					
酸素吸入						○				
インスリン注射						○				
輸血・静脈内輸液						○				
高強度な身体活動(例:ランニング、エアロビクス)を2.5h/day行っている		○								
0.4km歩くことができる						○	○			
休憩なしで階段を10段のぼることができる						○	○			
DLW期間中に宿泊する旅行がないこと						○				
投薬治療、食事習慣・運動習慣に影響する他の研究に参加していないこと						○				
非喫煙者であること		△								
日常生活に支障がないこと						○	○			○

○: 除外基準・選定基準として明記されている

△: 対象者には含まれていなかったという記述がある(除外した結果かどうかはわからない)

<文献リスト>

①Baarends EM et al., Am J Respir Crit Care Med, 1997

②Sawaya AL et al., Am J Clin Nutr, 1995

③Rothenberg E et al., Eur J Clin Nutr, 1998

④Reilly JJ et al., Br J Nutr, 1993

⑤Bonnefoy M et al., J Am Geriatr Soc, 2001

⑥Blanc S et al., Am J Clin Nutr, 2004

⑦Manini TM et al., JAMA, 2006

⑧Rothenberg E et al., Acta Diabetol, 2003

⑨Yamada Y et al., Eur J Appl Physiol, 2009

⑩Fuller NJ et al., Br J Nutr, 1996

表 2. 対象者の身体特性

	n	身長		体重		BMI	
		本研究	全国平均*	本研究	全国平均*	本研究	全国平均*
男性 65~74歳	13	163.8 ± 3.6	163.5 ± 6.0	65.6 ± 9.8	62.9 ± 9.1	24.5 ± 4.1	23.5 ± 3.0
75~85歳	9	159.4 ± 5.2	159.7 ± 6.1	58.4 ± 7.1	58.2 ± 8.9	23.0 ± 2.3	23.0 ± 3.2
女性 65~74歳	28	151.4 ± 5.3	150.5 ± 5.4	53.7 ± 7.9	52.4 ± 8.3	23.5 ± 3.8	23.2 ± 3.4
75~85歳	17	145.5 ± 7.7	146.3 ± 6.3	52.0 ± 12.8	49.3 ± 8.7	24.4 ± 5.5	23.2 ± 3.6

平均値±標準偏差

※平成22年度国民健康・栄養調査

ただし、身長・体重の75~85歳階級には85歳以上も含まれる(BMIは75~84歳)

表 3. 対象者の歩数

性別		本研究			H22年国民健康・栄養調査		
		平均	SD	n	平均	SD	n
男性	65~74歳	7076	3976	13	6703	4482	608
	75~85歳	4168	1972	9	3935	4115	386
女性	65~74歳	5752	3035	28	5705	3510	714
	75~85歳	3192	1615	17	3025	2547	513

表 4. 対象者のエネルギー消費量および身体活動レベル

	n	TEE (kcal/day)	実測BMR (kcal/day)	推定BMR* (kcal/day)	PAL	食事摂取基準2010年版		
						低い	ふつう	高い
男性 65-74歳	13	2282 ± 249	1247 ± 171	1333 ± 108	1.84 ± 0.17	1.50	1.75	2.00
75-84歳	9	2117 ± 370	1193 ± 139	1201 ± 109	1.78 ± 0.25	1.45	1.70	1.95
女性 65-74歳	23	1946 ± 315	1031 ± 101	1000 ± 98	1.89 ± 0.25	1.50	1.75	2.00
75-84歳	12	1773 ± 290	999 ± 126	913 ± 177	1.75 ± 0.16	1.45	1.70	1.95

※国立健康・栄養研究所の式

TEE:総エネルギー消費量

BMR:基礎代謝量

PAL:身体活動レベル

表 5. 3次元加速度計による活動強度別活動種類別活動時間

	n	装着時間(分)	Sedentary(分)	LPA(分)		MVPA(分)	
				生活活動	歩行	生活活動	歩行
男性 65-74歳	13	827 ± 142	501 ± 128	200 ± 53	43 ± 22	43 ± 19	40 ± 24
75-84歳	9	813 ± 127	503 ± 84	213 ± 97	47 ± 14	35 ± 30	16 ± 8
女性 65-74歳	28	906 ± 140	481 ± 117	285 ± 62	49 ± 18	58 ± 25	32 ± 17
75-84歳	17	886 ± 189	544 ± 171	250 ± 59	46 ± 18	30 ± 14	16 ± 15

Sedentary:不活動時間(≤1.5METs)

LPA:低強度活動時間(1.6-2.9METs)

MVPA:中高強度活動時間(≥3.0METs)

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業  
（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業）

生活習慣病予防や身体機能維持のためのエネルギー・たんぱく質必要量の  
推定法に関する基盤的研究

研究代表者 国立健康・栄養研究所 田中茂穂 基礎栄養研究部 部長

## II 分担研究者の報告書

### 指標アミノ酸酸化法(IAAO法)に基づくたんぱく質の推定平均必要量の検討 (指標アミノ酸酸化法による日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量に関する研究)

研究分担者 木戸 康博 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 教授  
研究協力者 吉田 英世 東京都健康長寿医療センター研究所 研究副部長  
小川 亜紀 京都栄養医療専門学校管理栄養士科 講師

【目的】たんぱく質の必要量の算定には、これまで窒素出納法が用いられてきた。しかし、窒素出納法では被験者への負担が大きいため、被験者に負担の少ない測定法の確立が望まれている。近年、新しいアミノ酸代謝測定法として確立された<sup>13</sup>C標識アミノ酸法の一つに、指標アミノ酸酸化（Indicator Amino Acid Oxidation; IAAO）法がある。先行研究において、IAAO法を用いて、成人男性や学童期の小児のたんぱく質代謝要求量が算出されており、様々な年齢層に広く適応できることが示されている。しかし、これまでに、IAAO法による日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量の研究は報告されていない。そこで本研究では、鶏卵をたんぱく質源とした際の健康な日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量の算出を試みた。

【方法】対象は、脳卒中、心筋梗塞、がんなどの既往がなく、日常生活をほとんど支障なく営んでいる在宅高齢者男女（70～74歳：n=10、75～79歳：n=10、80歳以上：n=10）とした。摂取たんぱく質量が、0.5、0.7、0.9、1.0、1.2、1.4 g/kg BW/dayとなるよう調整した6段階の実験食を用いた。実験食のエネルギー摂取量は、体重×基礎代謝基準値×1.5 kcal/dayとした。被験者には、実験前夜21時より絶食を依頼し、実験日の9:00から18:00まで1時間ごとに、実験食を1日摂取量の1/12量ずつ提供した。指標アミノ酸として、L-[1-<sup>13</sup>C]-フェニルアラニン（<sup>13</sup>C-Phe）を用いた。13:00に<sup>13</sup>C-Phe、<sup>13</sup>C標識炭酸水素ナトリウム（NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>）を経口摂取させた。14:00から18:00まで1時間ごとに<sup>13</sup>C-Pheを経口摂取させた。<sup>13</sup>C-Phe経口摂取開始より19:00まで、経時的に呼気を採取した。呼気中<sup>13</sup>C標識二酸化炭素（<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>）量を赤外分光分析装置により測定し、Mixed Effect Change Point Regression Model（ME-CPRM）により解析し、たんぱく質代謝要求量を算出した。

【結果・結論】18:30に採取した各たんぱく質摂取量での呼気中<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>量を解析した結果、呼気中<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>量は、たんぱく質摂取量が増すにつれ減少し、ある摂取量で一定となった。この屈曲点に相当するたんぱく質摂取量をたんぱく質代謝要求量とした。鶏卵をたんぱく質源とした際の健康な日本人高齢者のたんぱく質代謝要求量（推定平均必要量：EAR）は70～74、75～79、80歳以上でそれぞれ、1.20 g/kg BW/day、1.12 g/kg BW/day、1.20 g/kg BW/dayであった。70歳以上の3つの年齢区分でたんぱく質代謝要求量に顕著な違いは認められなかった。高齢者では若年成人と比較して、より多くのたんぱく質を摂取する必要があると考えられた。