

E. 結論

妊娠期のカルシウム摂取基準は現状で妥当と判断される。授乳期についてはさらに検討が必要といえる。

妊娠・授乳期の鉄の摂取基準については、何を指標にするかで結論が変わる可能性があり、指標の検討が必要である。今回の対象者において、現状の摂取水準、赤血球指数、母子の健康状態をみる限りは、現在の付加量が高めに設定されている可能性がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

善方裕美、渡辺優奈、上西一弘他. 妊娠初期の骨密度とライフスタイル, 栄養摂取状態についての検討—SKY Study (Saitama, Kobe, Yokohama Pregnant Cohort Study) 第1報—. *Osteoporosis Japan* (2012) **20**, 514-516.

2. 学会発表

1) 渡辺優奈、上西一弘、石田裕美他. 妊娠期及び産後までの鉄栄養状態の縦断的検討. 第59回日本栄養改善学会学術総会.名古屋. 2012.9.13.

2) 善方裕美、渡辺優奈、上西一弘他. 妊娠期の骨密度と栄養摂取状態についての検討 ~SKY study (Saitama, Kobe, Yokohama pregnant cohort study) より~. 第85回日本内分泌学会学術総会. 名古屋. 2012.4.19.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

図 1

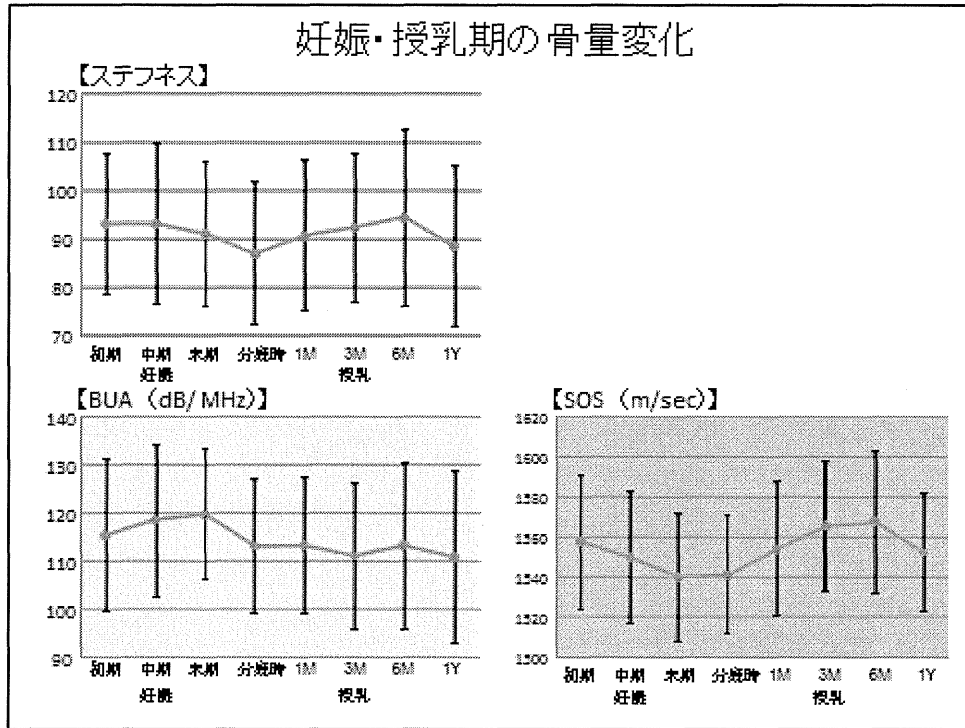
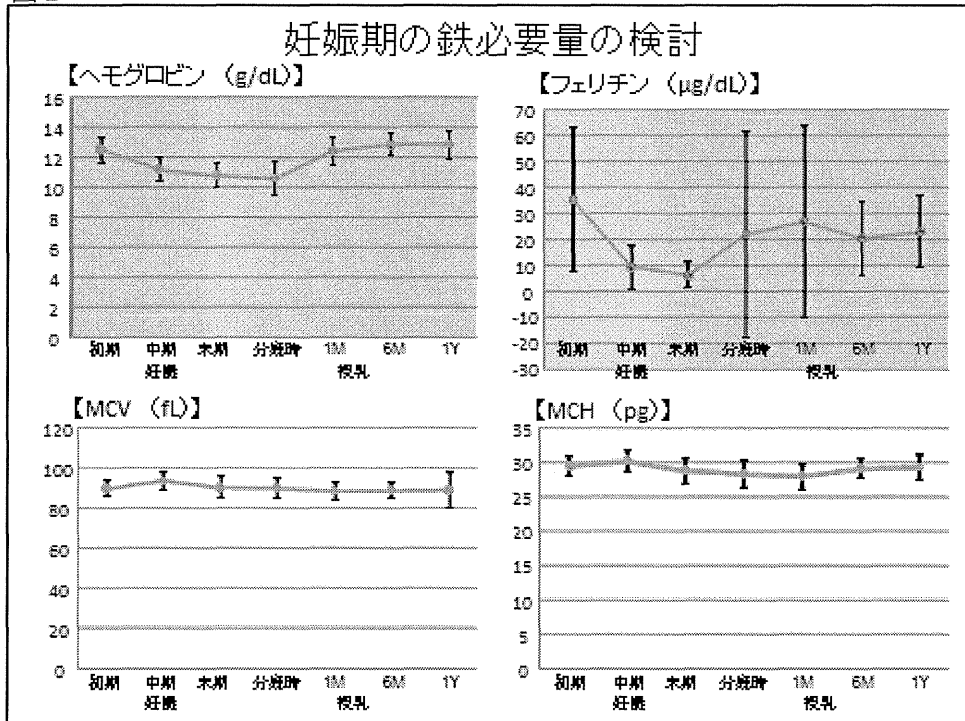


図 2



II. 研究分担者の報告書

4. たんぱく質の出納と生活習慣病関連の検討解析

（指標アミノ酸酸化法による日本人成人女性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

研究要旨

【目的】これまで、指標アミノ酸酸化（Indicator Amino Acid Oxidation; IAAO）法による日本人成人女性のたんぱく質代謝要求量の研究報告例はない。そこで本研究では、鶏卵たんぱく質をたんぱく質源とし、日本人成人女性のたんぱく質代謝要求量を IAAO 法により算出した。

【方法】被験者は健康な女子大学生 6 名（延べ 36 名）とし、平均年齢 21.2 ± 0.2 歳、平均体重 51.2 ± 1.1 kg、および平均 BMI は 20.2 ± 0.8 kg/m²であった。安静時代謝量は、間接熱量測定法により測定した。また、卵胞期と黄体期において検討し、月経周期は、基礎体温を測定することで確認した。被験者は、実験前日に、調整された食事（エネルギー量:各被験者の安静時代謝量×1.5 kcal/day（1594～1959 kcal/day）、たんぱく質量:1.1 g/kg BW/day（51.8～60.0 g/day）を満たすもの）を摂取した。実験日には、9:00 から 18:00 まで 1 時間ごとに、安静時代謝量×1.5kcal/day の 1/12 量のエネルギーおよび 1 日摂取量の 1/12 量のたんぱく質を含む実験食を摂取した。実験食は、たんぱく質源として玉子焼きを用い、摂取たんぱく質量は、0.2 g/kg BW/day から 1.2 g/kg BW/day の間で変化させた。指標アミノ酸として、L-[1-¹³C]-フェニルアラニン（¹³C-Phe）を用いた。¹³C 標識物質として 13:00 に¹³C-Phe、¹³C 標識炭酸水素ナトリウム（NaH¹³CO₃）を経口摂取し、14:00 から¹³C-Phe を 1 時間ごとに 5 回、実験食とともに経口摂取した。¹³C 標識物質経口摂取開始より、最後の実験食摂取 1 時間後まで、30 分間隔で呼気を回収し、呼気中¹³C 標識二酸化炭素（¹³CO₂）量を赤外分光分析装置により測定した。

【結果・考察】健康な日本人成人女性の卵胞期のたんぱく質代謝要求量を検討した。被験者の身体的特徴は、平成 22 年国民健康・栄養調査の 20～29 歳女性におけるそれと同程度であった。¹³C-Phe 摂取により、呼気中¹³CO₂量は上昇した。鶏卵たんぱく質の摂取量を 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 および 1.2 g/kg BW/day の間で変化させ、6 回の栄養実験の呼気中¹³CO₂量の結果を Mixed Effect Change Point Regression Model（ME-CPRM）により解析した。その結果、19 時の呼気中¹³CO₂量の屈曲点は 0.96 g/kg BW/day と算出し、健康な日本人成人女性の卵胞期のたんぱく質代謝要求量を推定することができた。

【結論】IAAO 法を用いた健康な日本人成人女性のたんぱく質代謝要求量は、卵胞期で 0.96 g/kg BW/day と算出された。

A. 目的

たんぱく質必要量の算出には、これまで窒素出納法が用いられてきた^{1,2)}。窒素出納法は、食事等からの摂取窒素量と、皮膚表面や尿、糞等からの排泄窒素量を調べ、それらの出納に基づき窒素平衡を維持できる量をもって、たんぱく質必要量としている。窒素出納法は、たんぱく質栄養研究に最も標準的かつ有効な方法として用いられているが、出納値が正に傾きやすいこと³⁾や、被験者および測定者への負担が大きいことが指摘されており、より簡便な測定法の確立が望まれてきた。

近年新しく開発された¹³C 標識アミノ酸法の 1 つに指標アミノ酸酸化 (Indicator Amino Acid Oxidation; IAAO) 法がある。¹³C 標識アミノ酸法は、アミノ酸代謝の反応を利用し、¹³C で標識されたアミノ酸を経口摂取し、発生する¹³CO₂量を測定するものである。体内で必要なたんぱく質が、過不足なく合成されるためには、たんぱく質の構成アミノ酸が、全て揃っている必要がある。体内で必要なたんぱく質の合成は、第一制限アミノ酸量に依存しているので、摂取する第一制限アミノ酸量が少なければ、たんぱく質合成に利用されなかった他のアミノ酸の余剰分がエネルギーとして利用され、二酸化炭素 (CO₂)として呼吸中へ排出される。一方、第一制限アミノ酸の摂取量が増えると、他のアミノ酸のたんぱく質合成への利用量も増加し、アミノ酸の酸化により発生する CO₂の呼吸中への排出量が減少する。IAAO 法は、このアミノ酸代謝の反応を利用し、試験アミノ酸以外の不可欠アミノ酸を¹³C で標識して指標アミノ酸とし、指標アミノ酸の酸化量を測定することにより、試験アミノ酸の必要量を測定するものである⁴⁾。

IAAO 法は、現在までにブタやヒトにおいて、不可欠アミノ酸の必要量算出に用いられてきた⁵⁻⁶⁾が、Humayun ら⁷⁾は、成人男性のたんぱく質必要量の測定に IAAO 法を応用した。その結果、たんぱく質必要量を 0.93 g/kg BW/day と算出し、現行の値より高値であったと報告した。Humayun ら⁷⁾が実施した IAAO 法では、たんぱく質源として鶏卵パターンのアミノ酸混合物を用いている。本研究室でも、たんぱく質源として鶏卵パターンのアミノ酸混合物および鶏卵たんぱく質を用いて、IAAO 法により日本人成人男性のたんぱく質必要量 (たんぱく質代謝要求量) を検討した結果、それぞれ、1.06 g/kg BW/day、0.89 g/kg BW/day と算出した⁸⁾。IAAO 法は、窒素出納法と異なり、被験者のたんぱく質代謝状態を各摂取たんぱく質量に適応させる必要がないため、習慣的な摂取たんぱく質量におけるたんぱく質代謝状態でのたんぱく質代謝要求量の算出が可能であり、各ライフステージでのたんぱく質代謝要求量の算出だけでなく、妊婦や傷病者での試験の実施も可能であると考えられる。

これまで、IAAO 法による学童期の子ども⁹⁾、成人男性^{7,8)}や成人女性¹⁰⁾を対象としたたんぱく質代謝要求量について報告されているが、日本人成人女性については報告はない。また、窒素出納法による女性のたんぱく質必要量についての研究報告例も少ない。そこで本研究では、日本人成人女性を対象に、鶏卵たんぱく質をたんぱく質源とする IAAO 法を行い、健康な日本人成人女性のたんぱく質代謝要求量の算出を試みた。また、女性には月経周期があり、実験期間の長い窒素出納法ではなく、実験期間の短い IAAO 法により、卵胞期 (低体温期) と黄体期 (高体温期) にわ

けて検討を行うことで、月経周期とたんぱく質代謝要求量との関連についても検討できると考えている。

B. 方法

本研究は、京都府立大学倫理委員会の承認（承認番号 51）を得たうえで行った。

1) 被験者

健康な成人女性 6 名を被験者とした。各被験者は、全 6 回の各摂取たんぱく質量の試験に参加した。各被験者の特徴は表 1 に示した。なお、安静時代謝量は、食後 2 時間以上経過の空腹状態で、座位安静を保ち、エアロモニタ AE-310S（ミナト医科学株式会社）を用いて、間接熱量測定法により測定した。また、最初の試験日 1 週間前から最後の試験日 1 週間後までの期間、被験者に起床時に基礎体温の測定を依頼し、記録してもらうことにより、月経周期を確認した。

2) 実験プロトコール

実験は、試験日および試験日前日の調整日の計 2 日間とした。調整日から実験終了まで、被験者は激しい運動およびアルコールの摂取を避けた。調整日には、被験者は 3 食の調整食を摂取した。調整食は、各被験者の安静時代謝量に身体活動レベル I（1.50）を乗じて算出した¹¹⁾ 摂取エネルギー量（1594~1959 kcal/day）を満たしており、摂取たんぱく質量は平成 22 年国民健康・栄養調査での同年齢区分（20-29 歳）の中央値（56.4 g/day）と同程度の 1.1g/kg BW/day（51.8~60.0 g/day）を満たすものとした。また、調整日の 22 時以降、水、お茶および紅茶以外は摂取せず、実験開始まで 11 時間絶食とした。試験日は 9 時より

実験を開始し、19 時までとした。実験食は実験開始から 1 時間ごとに同量ずつ計 10 回摂取した。実験食 1 回の摂取量は、1 日の摂取エネルギー量および摂取たんぱく質量の 1/12 とした。安定同位体の摂取は、5 回目の食事より開始し、5 回目の食事では、¹³C 標識炭酸水素ナトリウム（NaH¹³CO₃）を 0.176 mg/kg BW、L-[1-¹³C]-フェニルアラニン（¹³C-Phe）を 0.66 mg/kg BW 経口摂取した。それ以降では、実験食の摂食終了まで、実験食とともに ¹³C-Phe を 1.20 mg/kg BW 経口摂取した。また、摂取たんぱく質量が 1.0 g/kg BW/day 以下の場合、鶏卵たんぱく質 1.2 g/kg BW/day での Phe とチロシン（Tyr）摂取量（65.6 mg/kg BW/day および 48.8 mg/kg BW/day）に達するまで Phe と Tyr を実験食とともに、結晶アミノ酸として追加摂取した（表 2）。安定同位体の摂取開始と同時に、呼気バッグにて呼気回収を開始し、全ての実験食の摂取終了 1 時間後まで 30 分ごとに呼気を回収した。回収した呼気は赤外分光分析装置 POCone（大塚電子株式会社）を用いて、呼気中¹³CO₂量を測定した。

3) 実験食

摂取エネルギー量は、各被験者の安静時代謝量に身体活動レベル I（1.50）を乗じて算出した¹¹⁾。摂取たんぱく質量は、0.2~1.2 g/kg BW/day の中で変化させた。食事は、エネルギー源として、ういろうおよび粉あめ、たんぱく質源として鶏卵たんぱく質を用いた。各摂取たんぱく質量での玉子焼きの栄養成分組成を表 3 に示した。また、ういろうは、コーンスターチ、甘藷澱粉、スクロース、水およびフレーバーとしてたんぱく質を含まない市販のジュースを混合して加熱し、冷ましたも

のを必要エネルギー分切り分けた。粉あめは、必要エネルギー分を紅茶に溶かして摂取した。

C. 結果

結果は、13時の呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量を投与前(Pre)値とし、測定値(%/kg BW)からPre値(%/kg BW)を差し引き、 $\Delta^{13}\text{CO}_2$ (%/kg BW)として算出し、摂取たんぱく質量が0.2、0.4、0.6、0.8、1.0および1.2 g/kg BW/dayにおける呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量の経時的変化を示した(図1)。

13時の同位体摂取後、すべての摂取たんぱく質量において急速に呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量が増加し、その後も増加傾向が続いたが、18時より安定した。19時では、摂取たんぱく質量0.2-0.6g/kg BW/dayで高値を、摂取たんぱく質量0.8-1.2g/kg BW/dayで低値を示した(図1)。

19時での呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量を、Mixed Effect Change Point Regression Model (ME-CPRM)¹²⁾を用いて、全ての摂取たんぱく質量で比較したところ、屈曲点は0.96 g/kg BW/day、95%信頼区間の上限は1.53 g/kg BW/dayと算出された(図2)。

本研究の結果より、鶏卵たんぱく質をたんぱく質源とした際の日本人成人女性の卵胞期のたんぱく質代謝要求量の推定平均必要量(EAR)は0.96 g/kg BW/day、推奨量(RDA)は1.53 g/kg BW/dayと算出された。

D. 考察

被験者の身体的特徴は、平成22年国民健康・栄養調査の20~29歳女性における平均身長158.1±5.4 cm、平均体重51.0±9.0 kg、および平均BMI 20.37 ± 3.16 kg/m²と比較して同程度であった。よって、本研究で算出した値は、健康な日本人成人女性のEAR、RDAとして適切であると考えた。

本研究では、鶏卵たんぱく質をたんぱく質源として用いたため、消化吸收時間を考慮に入れる必要があると考えた。そこで、全ての摂取たんぱく質量で、 ^{13}C 同位体摂取開始6時間後の、19時での呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量を解析対象とした。

Humayunら⁷⁾の先行研究において、アミノ酸混合物をたんぱく質源としPhe、Tyrを一定量とした場合、血漿Phe濃度は摂取たんぱく質量の影響を受けないことが示された。また、本研究室の先行研究により、鶏卵たんぱく質をたんぱく質源として用いた場合も、アミノ酸混合物をたんぱく質源として用いた場合と同様に、血漿Phe濃度は摂取たんぱく質量の影響を受けないことを確認している⁸⁾。したがって、本研究でも同様に、血漿Phe濃度は摂取たんぱく質量の影響を受けず、Pheのアミノ酸プールは一定であると考えられた。

本研究で、摂取たんぱく質量を0.2 g/kg BW/dayから1.2 g/kg BW/dayまで変化させて解析した結果、健康な日本人成人女性の卵胞期での屈曲点は0.96g /kg BW/dayと算出された。この結果は、現行のたんぱく質必要量である0.72 g/kg BW/dayと比較すると高値となった。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、窒素出納法で算出される値が最小たんぱく質必要量であるのに対し、IAAO法で算出される値はたんぱく質代謝要求量であり、それぞれの算出値の意味するところが異なるため、本研究結果では、高値となると考えられた。

また、現行の日本人成人のたんぱく質必要量は、男性と女性で同じとされている。日本人成人の窒素平衡維持量は0.46 g/kg BW/day~0.96 g/kg BW/dayの範囲であり、その平均値である0.65 g/kg BW/dayが窒素平衡維持必

要量として採用されている。たんぱく質の推定平均必要量 0.72 g/kg BW/day は、0.65 g/kg BW/day を消化率 90%で補正して算出したものである¹¹⁾。しかし、これらの先行研究は、成人男性を対象としたものが多く、成人女性のたんぱく質必要量として適さない可能性がある。本研究で、鶏卵たんぱく質を用いて算出されたたんぱく質代謝要求量 0.96 g/kg BW/day は、窒素出納法による日本人成人女性を対象とした先行研究の窒素平衡維持量 0.96 g/kg BW/day¹¹⁾ と近い値であった。

窒素出納法では、被験者のたんぱく質代謝状態を、摂取たんぱく質量に適応させて実験を行う。そのため、窒素出納法で算出されるたんぱく質必要量は、摂取たんぱく質量が少ない状態に適応している場合の、窒素平衡維持に必要なたんぱく質量である。窒素平衡維持量を下回るたんぱく質を摂取し続けると、たんぱく質欠乏症が発症すると考えられる。一方、IAAO 法では、被験者のたんぱく質代謝状態を、各摂取たんぱく質量に適応させる必要がない。摂取たんぱく質量を変化させてから、たんぱく質代謝状態が変化するためには、5~7 日間を要する¹³⁾ ので、摂取たんぱく質量を一時的に変化させても、被験者のたんぱく質代謝状態は変化しないと考えられる。したがって、習慣的に十分な量のたんぱく質を摂取している状態で、IAAO 法により算出した値は、通常のとたんぱく質代謝状態でのたんぱく質代謝要求量と考えられる。よって、このたんぱく質代謝要求量を下回るたんぱく質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。

成人女性では、月経周期があり、卵胞期と黄体期にわけて検討する必要がある。本研究では、卵胞期でのたんぱく質代謝要求量の算

出を行った。黄体期での実験も実施しており、黄体期のたんぱく質代謝要求量は卵胞期のたんぱく質代謝要求量より低い結果を得ている(未発表)。女性の月経周期によるたんぱく質代謝要求量の違いについて、今後さらなる検討が必要である。

本研究において、成人女性での月経周期を考慮した検討ができたように、IAAO 法は、簡便性に優れた方法であり、小さな負担で試験を実施することが可能であるため、高齢者等それぞれのライフステージにおいて、たんぱく質代謝要求量の推定が可能であると考えられた。また、実験ごとにそのたんぱく質摂取状態での適応を必要としないため、代謝変動の激しい傷病者や経時的に代謝の変化する妊婦における、たんぱく質代謝要求量の推定が可能となると考えられた。

E. 結論

IAAO 法を用いた健康な日本人成人女性のたんぱく質代謝要求量は、卵胞期で 0.96g/kg BW/day と算出された。

F. 研究発表

1. 発表論文

なし

2. 学会発表

- 1) 小川亜紀、速水耕介、川端二功、和田小依里、小林ゆき子、鈴木公、桑波田雅士、木戸康博. 指標アミノ酸酸化法によるタンパク質の質の簡易的評価法への応用. 第 66 回日本栄養・食糧学会大会、2J-5a. 仙台. 2012.
- 2) Aki Ogawa, Haruka Murayama, Chikage Goto, Yukiko Kobayashi, Kohsuke Hayamizu, Sayori Wada, Masashi Kuwahata,

- Yasuhiro Kido. A simple evaluation method for the quality of dietary protein in rats using an indicator amino acid oxidation method. 16th International Congress of Dietetics 2012 (ICD 2012), 1176. Sydney, Australia. 2012.
- 3) 小川亜紀、村山陽香、小林ゆき子、桑波田雅士、木戸康博. 指標アミノ酸化法によるタンパク質の質の簡易的評価法の検討. 第59回日本栄養改善学会学術総会、03-224-122. 名古屋. 2012.
- 4) 小川亜紀、村山陽香、速水耕介、横井香里、辻智子、桑波田雅士、木戸康博. 指標アミノ酸化法によるタンパク質の質の簡易的評価法の検討. 日本アミノ酸学会第6回学術大会. 千葉. 2012.
- G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）
1. 特許取得
なし
 2. 実用新案登録
なし
 3. その他
なし
- H. 引用文献
1. Rose W C. The amino acid requirements of adult man. *Nutr Abst Rev* (1957) **27**, 631-647.
 2. Rand W M, Pellet P L, Young V R. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* (2007) **77**, 109-127.
 3. Hegsted D M. Balance studies. *J Nutr* (1976) **106**, 307-311.
 4. 岸恭一, 木戸康博. タンパク質・アミノ酸の新栄養学. 講談社 (2007).
 5. Ball R O, Bayley H S. Influence of dietary protein concentration on the oxidation of phenylalanine by the young pig. *Br J Nutr* (1986) **55**, 651-658.
 6. Kriengsinyos W, Wykes L J, Ball R O, Pencharz P B. Oral and intravenous tracer protocols of the indicator amino acid oxidation method provide the same estimate of the lysine requirement in healthy men. *J Nutr* (2002) **132**, 2251-2257.
 7. Humayun M A, Elango R, Ball R O, Pencharz P B. Reevaluation of the protein requirement in young men with the indicator amino acid oxidation technique. *Am J Clin Nutr* (2007) **86**, 995-1002.
 8. 木戸康博. たんぱく質の出納と生活習慣病関連の検討解析. 平成23年度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）, 日本人の食事摂取基準の改定と活用に資する総合的研究. 平成23年度総括・分担研究報告書. (2011) 27-38..
 9. Elango R, Humayun M A, Ball R O, Pencharz P B. Protein requirement of healthy school-age children determined by the indicator amino acid oxidation method. *Am J Clin Nutr* (2011) **94**, 1545-1552.
 10. Tian Y, Liu J, Zhang Y, Piao J, Gou L, Tian Y, Li M, Ji Y, Yang X. Examination of Chinese habitual dietary protein requirements of Chinese young female adults by an indicator amino acid method. *Asia Pac J Clin Nutr* (2011) **20**: 390- 396.
 11. 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討報告書: 日本人の食事摂取基準 [2010年版]. 第一出版, 東京. 2009.
 12. Hayamizu K, Kato M, Hattori S. Determining

amino acid requirements from requirements
from repeated observations on indicator
amino acid oxidation method by
mixed-effect change-point regression models.

J Clin Biochem Nutr (2011) 49, 115-120.

13. Uauy R, Scrimshaw N S, Rand W M, Yong V
R. Human protein requirements: Obligatory
urinary and fecal nitrogen losses and the
factorial estimation of protein needs in
elderly males. J Nutr (1978) 108, 97-103.

表1 被験者の特徴

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI* (kg/m ²)	安静時代謝量 (kcal/day)
A	21	151	50.0	21.9	1063
B	21	166	50.4	18.3	1072
C	22	161	53.5	20.6	1306
D	21	164	47.1	17.5	1227
E	21	158	54.5	21.8	1284
F	21	157	51.5	20.9	1300
平均値±標準誤差	21.2±0.2	159.5±2.2	51.2±1.1	20.2±0.8	1209±46.1

*BMI: body mass index

表2 各摂取たんぱく質量でのアミノ酸組成

アミノ酸	評定パターン (全量パターン) (mg/g)	摂取たんぱく質量 (g/kg BW/day)					
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
Ala	61.4	12.3	24.6	36.8	49.1	61.4	73.7
Arg	75.1	15.0	30.0	45.1	60.1	75.1	90.1
Asn	33.3	6.7	13.3	20.0	26.6	33.3	40.0
Asp	33.3	6.7	13.3	20.0	26.6	33.3	40.0
Cys	22.1	4.4	8.8	13.3	17.7	22.1	26.5
Gln	56.6	11.3	22.6	34.0	45.3	56.6	67.9
Glu	55.6	11.1	22.2	33.4	44.5	55.6	66.7
Gly	33.3	6.7	13.3	20.0	26.6	33.3	40.0
His	22.7	4.5	9.1	13.6	18.2	22.7	27.2
Ile	62.8	12.6	25.1	37.7	50.2	62.8	75.4
Leu	83.3	16.7	33.3	50.0	66.6	83.3	100.0
Lys	75.7	15.1	30.3	45.4	60.6	75.7	90.8
Met	29.6	5.9	11.8	17.8	23.7	29.6	35.5
Phe	54.7	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6
Pro	41.9	8.4	16.8	25.1	33.5	41.9	50.3
Ser	83.9	16.8	33.6	50.3	67.1	83.9	100.7
Thr	47.1	9.4	18.8	28.3	37.7	47.1	56.5
Trp	15.6	3.1	6.2	9.4	12.5	15.6	18.7
Tyr	40.7	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8	48.8
Val	70.3	14.1	28.1	42.2	56.2	70.3	84.4

表3 各摂取たんぱく質量での1回の玉子焼き栄養成分組成 (体重 50kg)

摂取たんぱく質量 (g/kg BW/day)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
鶏卵 (g)	6.8	13.6	20.3	27.1	33.9	40.7
オリーブ油 (g)	0.7	1.4	2.0	2.7	3.4	4.1
エネルギー (kcal)	17	34	51	68	85	102
たんぱく質 (g)	0.8	1.7	2.5	3.3	4.2	5.0
脂質 (g)	1.4	2.8	4.2	5.6	7.0	8.4

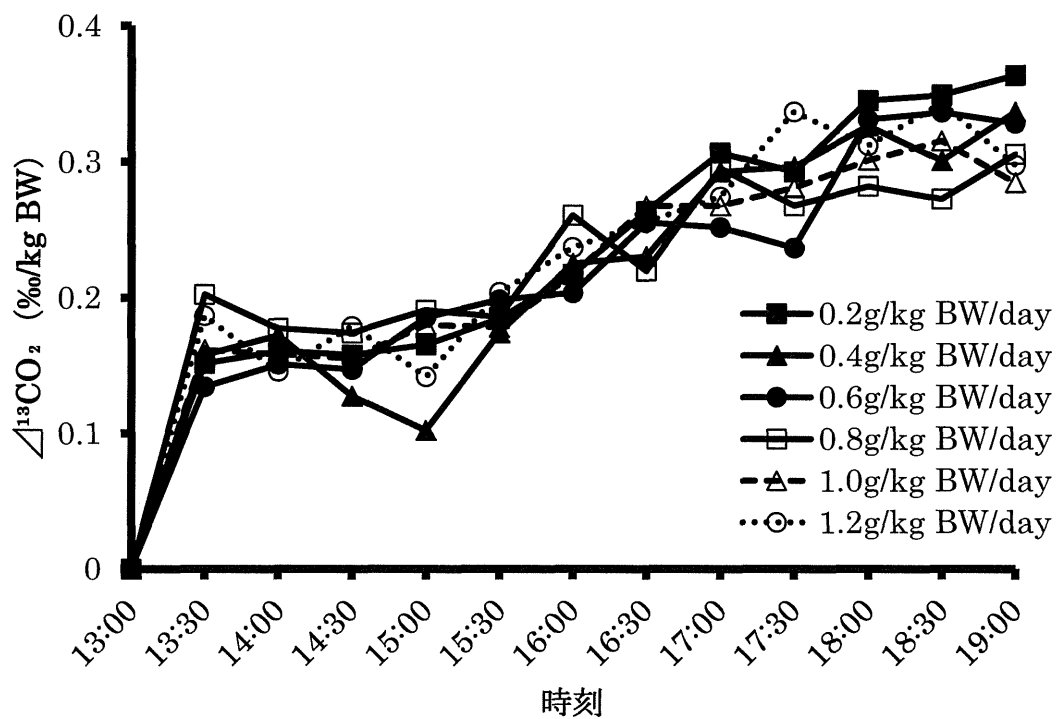


図1 IAAO法による呼気中¹³CO₂量の経時的変化
結果は平均値で示した。

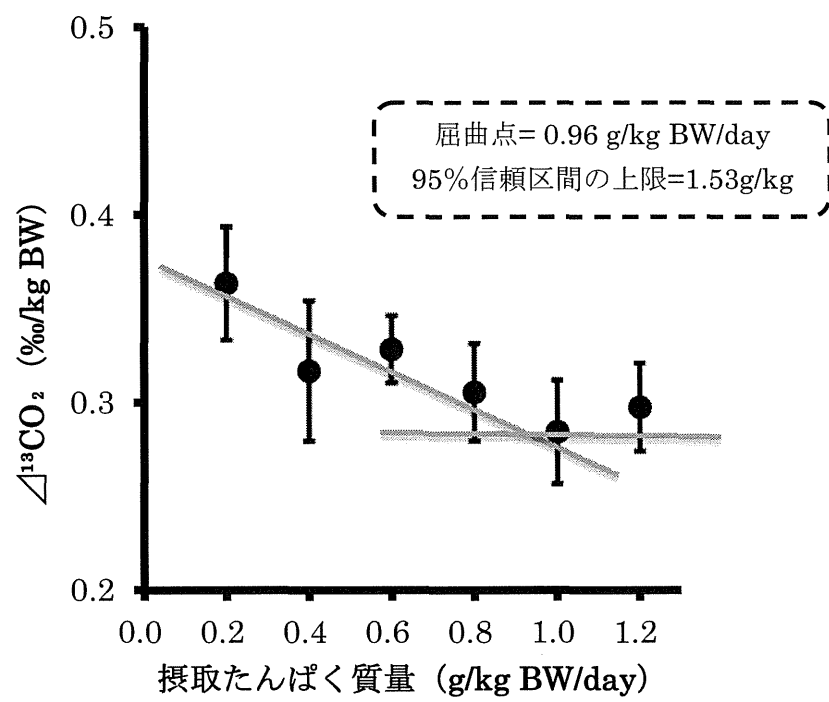


図2 摂取たんぱく質と呼気中 $^{13}\text{CO}_2$ 量の相関
 結果は平均±標準誤差で示した。値は19時の $\Delta^{13}\text{CO}_2$ (‰/kg BW) を用い、
 屈曲点の算出にはME-CPRMを用いた。

日本人の食事摂取基準の改定と活用に資する総合的研究
研究代表者 徳留 信寛 国立健康・栄養研究所 理事長

II. 研究分担者の報告書

5. わが国の地域在住後期高齢者の食事摂取基準の検討 — 食事調査（食事記録法）による栄養摂取量の把握 —

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
研究分担者 森田 明美 甲子園大学・栄養学部

研究要旨

本研究の目的は、わが国の食事摂取基準（高齢者）の後期高齢者における妥当性の検討である。対象者は、介護予防を目指した包括的健康調査（お達者健診）を受診した東京都板橋区在住の高齢者（66～85 歳）のうちの 182 名（男性；75 名、女性；107 名）である。食事調査は、食事記録法（目安量法）にて実施し、食事記録の期間は、3 日間（平日；2 日、土休日；1 日）とした。

その結果、前期高齢者と後期高齢者との栄養摂取量を比較では、男性は、「脂質」、「脂質（%エネルギー）」および、「n-6 系脂肪酸」、女性では、「ナイアシン」において、前期高齢者の摂取量が後期高齢者よりも多かったが、いずれもほぼ現行の栄養摂取基準（2010 年版）を満たしていた。

一方で、高齢者全体で、栄養摂取基準（2010 年版）を満たしていない栄養素は、男性では、「エネルギー」をはじめ、「食物繊維」、「ビタミン A」、「パントテン酸」、「カリウム」、「カルシウム」、「マグネシウム」、「亜鉛」が、女性では、「亜鉛」が挙げられ、今後は、地域在住高齢者の栄養摂取状況の改善を進める一方で、現在の栄養摂取基準の検討も必要であろう。

A. 目的

わが国の高齢者の食事摂取基準は、70 歳以上の高齢者を対象として、男女ごと各栄養素別に、「必要量・推奨量・目安量・目標量」が示されている。

しかしながら、今後、75 歳以上の高齢者が増加していくなかで、後期高齢者においてもこの基準の設定が妥当であるかどうか検討する必要性が問われている。

そこで、本研究の目的は、わが国の食事摂

取基準（高齢者）の設定が地域在住の後期高齢者においても妥当であるかを検討することである。

B. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、2011 年 10 月に実施した介護予防を目指した包括的健康調査（お達者健診）を受診した東京都板橋区在住の高齢者（65～84 歳）913 名の追跡調査である。こ

の追跡調査は、2011年と概ね同様に調査内容であり、2012年9月25日～10月5日に東京都健康長寿医療センター研究所内で実施した。受診者は、516名（男性;216名、女性;300名）であった。このうち、無作為に選んだ約半数の246名（男性;101名、女性;145名）を食事調査の対象とした。そして、食事調査を完了した者は、182名（男性;75名、女性;107名）で、平均年齢は、男性;75.2歳、女性;73.4歳であった。

2. 調査方法

健診会場にて、対象者一人一人に栄養士が食事調査の説明と同意を行い、および記録方法を説明した。

食事調査は、食事記録法（目安量法）にて実施した。食事記録の期間は、3日間（平日;2日、土休日;1日）とした。そして、10月中旬に再度、研究所に来所してもらい、食事記録の内容を、栄養士が確認した。この際に、通常のご飯および、みそ汁を盛りつけてもらい秤量した。

わが国の食事摂取基準（高齢者）に記されている栄養素のうち、主な栄養摂取量（栄養素;36項目）について検討した。

＜栄養素;36項目一覧＞

エネルギー (kcal/日)、たんぱく質 (g/日)、動物性たんぱく質 (g/日)、植物性たんぱく質 (g/日)、脂質 (g/日)、脂質 (%エネルギー)、動物性脂質 (g/日)、植物性脂質 (g/日)、飽和脂肪酸 (g/日)、飽和脂肪酸 (%エネルギー)、n-6系脂肪酸 (g/日)、n-3系脂肪酸 (g/日)、コレステロール (mg/日)、炭水化物 (g/日)、食物繊維 (g/日)、ビタミンA (μg/日)、ビタミンD (μg/日)、ビタミンE (mg/日)、ビタミンK (μg/日)、ビタミンB₁ (mg/日)、ビ

タミンB₂ (mg/日)、ナイアシン (mgNE/日)、ビタミンB₆ (mg/日)、ビタミンB₁₂ (μg/日)、葉酸 (μg/日)、パントテン酸 (mg/日)、ビタミンC (mg/日)、食塩相当量 (g/日)、カリウム (mg/日)、カルシウム (mg/日)、マグネシウム (mg/日)、リン (mg/日)、鉄 (mg/日)、亜鉛 (mg/日)、銅 (mg/日)、マンガン (mg/日)

3. 解析方法

栄養摂取量は、食事記録票より「食事しらべ（国立健康・栄養研究所）」にデータを入力し算出した。

（倫理面への配慮）

調査参加者の個人情報保護のために、データには個人名はなく、データ解析用に設定された番号のみを用いてデータの連結ならびに統計解析を行った。

C. 結果

1. 男性高齢者の栄養摂取量の検討（表1）

◆エネルギー

エネルギー摂取量 (kcal/日) は、前期が、1997.1kcal/日、後期が、1867.8kcal/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも必要量2200kcal/日を下回った。

◆たんぱく質

①たんぱく質 (g/日) は、前期が、73.7g/日、後期が、69.4g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量(60g/日)を上回った。

②動物性たんぱく質 (g/日) は、前期が、38.5g/日、後期が、36.8g/日で、両群間に有意差はなかった。

③植物性たんぱく質 (g/日) は、前期が、35.3g/日、後期が、32.6g/日で、両群間に有意差はなかった。

◆脂質

①脂質 (g/日) は、前期が、56.7g/日、後期が、49.0g/日で、前期が、後期よりも有意に多かった ($p<0.05$)。

②脂質 (%エネルギー) は、前期が、25.3%、後期が、23.1%で、前期が、後期よりも多い傾向にあった ($p<0.1$)。前期は、目標量 (20以上、25未満) の範囲を越えたが、後期は、その範囲内であった。

③動物性脂質 (g/日) は、前期が、27.0g/日、後期が、24.8g/日で、両群間に有意差はなかった。

④植物性脂質 (g/日) は、前期が、29.7g/日、後期が、24.2g/日で、前期が、後期よりも有意に多かった ($p<0.05$)。

⑤飽和脂肪酸 (g/日) は、前期が、14.9g/日、後期が、13.1g/日で、両群間に有意差はなかった。

⑥飽和脂肪酸 (%エネルギー) は、前期が、6.6%、後期が 6.2%で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (4.5以上、7.0未満) の範囲内であった。

⑦n-6系脂肪酸 (g/日) は、前期が、10.6g/日、後期が、8.7g/日で、前期が、後期よりも有意に多かった ($p<0.05$)。いずれも目安量 (8g/日) を上回った。

⑧n-3系脂肪酸 (g/日) は、前期が、2.5g/日、後期が、2.4g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (2.2以上) の範囲内であった。

⑨コレステロール (mg/日) は、前期が、322.6mg/日、後期が、278.0mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (750mg/日未満) の範囲内であった。

◆炭水化物

①炭水化物 (g/日) は、前期が、268.8g/日、

後期が、259.0g/日で、両群間に有意差はなかった。

②食物繊維 (g/日) は、前期が、15.4g/日で、後期が、14.7g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (19以上) を下回った。

◆ビタミン (脂溶性)

①ビタミン A ($\mu\text{g}/\text{日}$) は、前期が、411.5 $\mu\text{g}/\text{日}$ 、後期が、636.0 $\mu\text{g}/\text{日}$ で、後期が、前期よりも多い傾向にあった ($p<0.1$)。いずれも推奨量 (800 $\mu\text{g}/\text{日}$) を下回った。

②ビタミン D ($\mu\text{g}/\text{日}$) は、前期が 8.7 $\mu\text{g}/\text{日}$ 、後期が、8.7 $\mu\text{g}/\text{日}$ で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (5.5 $\mu\text{g}/\text{日}$) を上回った。

③ビタミン E (mg/日) は、前期が、9.0mg/日、後期が、8.7mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (7.0mg/日) を上回った。

④ビタミン K ($\mu\text{g}/\text{日}$) は、前期が、214.2 $\mu\text{g}/\text{日}$ 、後期が、235.3 $\mu\text{g}/\text{日}$ で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (75 $\mu\text{g}/\text{日}$) を上回った。

◆ビタミン (水溶性)

①ビタミン B₁ (mg/日) は、前期が、1.66mg/日、後期が、1.15mg/日で、両群間に有意差はなかった。前期は、推奨量 (1.2mg/日) を上回ったが、後期は、推奨量を下回った。

②ビタミン B₂ (mg/日) は、前期が、1.71mg/日、後期が、1.51mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量 (1.3mg/日) を上回った。

③ナイアシン (mgNE/日) は、前期が、16.3mgNE/日、後期が、16.8mgNE/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量 (13mgNE/日) を上回った。

④ビタミン B₆ (mg/日) は、前期が、1.68mg/

日、後期が、1.50mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（1.4mg/日）を上回った。

⑤ビタミン B₁₂ (μg/日) は、前期が、7.28μg/日、後期が、8.93μg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（2.4μg/日）を上回った。

⑥葉酸 (μg/日) は、前期が、316.6μg/日、後期が、337.2μg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（240μg/日）を上回った。

⑦パントテン酸 (mg/日) は、前期が、5.6mg/日、後期が、5.9mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（6mg/日）を下回った。

⑧ビタミン C (mg/日) は、前期が、111.5mg/日、後期が、106.0mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（100mg/日）を上回った。

◆ミネラル（多量）

①食塩相当量 (g/日) は、前期が、10.6g/日、後期が、9.5g/日で、前期が、後期よりも有意に多かった (p<0.05)。いずれも目標量（9.0g/日未満）の範囲を越えた。

②カリウム (mg/日) は、前期が、2333.7mg/日、後期が、2407.9mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（2500mg/日）を下回った。

③カルシウム (mg/日) は、前期が、509.0mg/日、後期が、523.5mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（700mg/日）を下回った。

④マグネシウム (mg/日) は、前期が、264.0mg/日、後期が、255.1mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（320mg/日）を下回った。

⑤リン (mg/日) は、前期が、1046.1mg/日、後期が、1012.4mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（1000mg/日）を上回った。

◆ミネラル（微量）

①鉄 (mg/日) は、前期が、8.0mg/日、後期が、7.9mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（7.0mg/日）を上回った。

②亜鉛 (mg/日) は、前期が、8.0mg/日、後期が、7.6mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（11mg/日）を下回った。

③銅 (mg/日) は、前期が、1.2mg/日、後期が、1.2mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（0.8mg/日）を上回った。

④マンガン (mg/日) は、前期が、3.6mg/日、後期が、3.7mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（4.0mg/日）を下回った。

以上より、高齢男性において、前期高齢者の摂取量が、後期高齢者の摂取量より多かった栄養素は、「脂質 (g/日)」、「脂質 (%エネルギー)」、「n-6 系脂肪酸 (g/日)」および、「食塩相当量 (g/日)」であった。

「エネルギー摂取量 (kcal/日)」は、男性高齢者全体で、必要量を下回った。

推奨量を下回った栄養素は、「ビタミン A (μg/日)」、「ビタミン B₁ (mg/日)」(後期高齢者のみ)、「カルシウム (mg/日)」、「マグネシウム (mg/日)」と「亜鉛 (mg/日)」であった。また、目安量を下回った栄養素は、「パントテン酸 (mg/日)」と「カリウム (mg/日)」であった。そして、目標量を下回った栄養素は、「食物繊維 (g/日)」であった。一方で、目標を上回った栄養素は、

「脂質 (%エネルギー)」(前期高齢者のみ)と、「食塩相当量 (g/日)」であった。

2. 女性高齢者の栄養摂取量の検討 (表 2)

◆エネルギー

エネルギー摂取量 (kcal/日) は、前期が、1694.3kcal/日、後期が、1682.1kcal/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも必要量 1700kcal/日とほぼ同等であった。

◆たんぱく質

①たんぱく質 (g/日) は、前期が、69.5g/日、後期が、66.1g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量 (50 g/日) を上回った。

②動物性たんぱく質 (g/日) は、前期が、37.6g/日、後期が、35.2g/日で、両群間に有意差はなかった。

③植物性たんぱく質 (g/日) は、前期が、31.9g/日、後期が、30.9g/日で、両群間に有意差はなかった。

◆脂質

①脂質 (g/日) は、前期が、49.8g/日、後期が、48.3g/日で、両群間に有意差はなかった。

②脂質 (%エネルギー) は、前期が、26.3%、後期が、25.1%で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (20 以上、25 未満) の範囲を越えていた。

③動物性脂質 (g/日) は、前期が、24.9g/日、後期が、24.1g/日で、両群間に有意差はなかった。

④植物性脂質 (g/日) は、前期が、24.8g/日、後期が、24.2g/日で、両群間に有意差はなかった。

⑤飽和脂肪酸 (g/日) は、前期が、13.3g/日、後期が、13.5g/日で、両群間に有意差はなかった。

⑥飽和脂肪酸 (%エネルギー) は、前期が、7.0%、後期が 7.0%で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (4.5 以上、7.0 未満)

の範囲をわずかに超えた。

⑦n-6 系脂肪酸 (g/日) は、前期が、8.7g/日、後期が、8.6g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (7g/日) を上回った。

⑧n-3 系脂肪酸 (g/日) は、前期が、2.3g/日、後期が、2.2g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (1.8 以上) の範囲内であった。

⑨コレステロール (mg/日) は、前期が、294.4mg/日、後期が、302.6mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量 (600mg/日未満) の範囲内であった。

◆炭水化物

①炭水化物 (g/日) は、前期が、238.2 g/日、後期が、241.8g/日で、両群間に有意差はなかった。

②食物繊維 (g/日) は、前期が、17.4g/日で、後期が、16.9g/日で、両群間に有意差はなかった。前期は、目標量 (17 以上) を上回ったが、後期は、目標量を下回った。

◆ビタミン (脂溶性)

①ビタミン A (μg /日) は、前期が、553.2 μg /日、後期が、706.2 μg /日で、両群間に有意差はなかった。前期は、推奨量 (650 μg /日) を下回ったが、後期は、推奨量を上回った。

②ビタミン D (μg /日) は、前期が 9.9 μg /日、後期が、9.0 μg /日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (5.5 μg /日) を上回った。

③ビタミン E (mg/日) は、前期が、19.4mg/日、後期が、10.6mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (6.5mg/日) を上回った。

④ビタミン K (μg /日) は、前期が、281.4 μg /日、後期が、248.8 μg /日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量 (65 μg /日) を上

回った。

◆ビタミン（水溶性）

①ビタミンB₁（mg/日）は、前期が、1.19mg/日、後期が、1.04mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（0.9mg/日）を上回った。

②ビタミンB₂（mg/日）は、前期が、1.92mg/日、後期が、1.64mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（1.0mg/日）を上回った。

③ナイアシン（mgNE/日）は、前期が、16.9mgNE/日、後期が、14.3mgNE/日で、前期が、後期よりも有意に多かった（ $p<0.05$ ）。いずれも推奨量（10mgNE/日）を上回った。

④ビタミンB₆（mg/日）は、前期が、1.70mg/日、後期が、1.45mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（1.1mg/日）を上回った。

⑤ビタミンB₁₂（ μ g/日）は、前期が、8.26 μ g/日、後期が、8.04 μ g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（2.4 μ g/日）を上回った。

⑥葉酸（ μ g/日）は、前期が、368.4 μ g/日、後期が、370.1 μ g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（240 μ g/日）を上回った。

⑦パントテン酸（mg/日）は、前期が、5.7mg/日、後期が、5.9mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（5mg/日）を上回った。

⑧ビタミンC（mg/日）は、前期が、169.4mg/日、後期が、138.6mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（100mg/日）を上回った。

◆ミネラル（多量）

①食塩相当量（g/日）は、前期が、9.8g/日、

後期が、9.7g/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目標量（7.5g/日未満）の範囲を越えた。

②カリウム（mg/日）は、前期が、2662.7mg/日、後期が、2576.2mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（2000mg/日）を上回った。

③カルシウム（mg/日）は、前期が、636.7mg/日、後期が、636.1mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（600mg/日）を上回った。

④マグネシウム（mg/日）は、前期が、275.3mg/日、後期が、265.9mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（260mg/日）を上回った。

⑤リン（mg/日）は、前期が、1037.4mg/日、後期が、1039.6mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（900mg/日）を上回った。

◆ミネラル（微量）

①鉄（mg/日）は、前期が、9.0mg/日、後期が、8.8mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（6.0mg/日）を上回った。

②亜鉛（mg/日）は、前期が、7.5mg/日、後期が、7.2mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（9mg/日）を下回った。

③銅（mg/日）は、前期が、1.2mg/日、後期が、1.2mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも推奨量（0.7mg/日）を上回った。

④マンガン（mg/日）は、前期が、4.2mg/日、後期が、4.3mg/日で、両群間に有意差はなかった。いずれも目安量（3.5mg/日）を下回った。

以上より、高齢女性において、前期高齢者の摂取量が、後期高齢者の摂取量より多かった栄養素は、「ナイアシン（mgNE/日）」のみ

であった。

推奨量を下回った栄養素は、「ビタミン A (μg/日)」と「亜鉛 (mg/日)」であった。また、目標量を下回った栄養素は、「食物繊維 (g/日)」(後期高齢者)であった。一方で、目標量を上回った栄養素は、「脂質 (%エネルギー)」と、「食塩相当量 (g/日)」であった。

D. 考察

本研究の対象者は、66～85歳の地域在住高齢者で、要介護・要支援の状態ではなく、在宅で自立した日常生活を営み、また、健診受診者であることから、移動能力も保たれている高齢者と推察される。よって、本研究の対象者は、地域在住高齢者の栄養摂取量を評価する対象集団として妥当であると言える。

まず、前期高齢者と後期高齢者間での栄養摂取量の比較検討では、男性では、「脂質」、「脂質 (%エネルギー)」および、「n-6系脂肪酸」、女性では、「ナイアシン」において、前期高齢者の摂取量が後期高齢者よりも多かったが、いずれもほぼ現行の栄養摂取基準(2010年版)を満たしていた。一方で、前期高齢者、後期高齢者のいずれもその栄養摂取量が、栄養摂取基準(2010年版)を満たしていない栄養素は、男性では、「エネルギー」をはじめ、「食物繊維」、「ビタミン A」、「パントテン酸」、「カリウム」、「カルシウム」、「マグネシウム」、「亜鉛」が、女性では、「亜鉛」が挙げられた。一方で、食塩相当量は、男女ともに、その目標量以下に留まっていないことから、生活習慣病予防の観点からも、より減塩に努める必要がある。

わが国の国民健康・栄養調査(平成21年)の調査結果では、男性(70歳以上)では、エネルギー;1869 kcal/日、食物繊維;16.2g/日、

ビタミン A;591mg/日、パントテン酸;5.51mg/日、カリウム;2499mg/日、カルシウム;552mg/日、マグネシウム;267mg/日、亜鉛;8.1mg/日、女性(70歳以上)では、亜鉛;6.9mg/日と示されており、これらの摂取量は、本研究の調査結果とほぼ同様であった。このことは、今日のわが国の高齢者において、一部2010年版の日本人高齢者の食事摂取基準を満たしていない栄養素があることから、今後、地域在住高齢者の栄養摂取状況の改善を進める一方で、現在の栄養摂取基準の検討も必要であろう。

E. 結論

地域在住高齢者を対象とした食事摂取量の検討では、前期高齢者と後期高齢者との栄養摂取量を比較したところ、男性は、「脂質」、「脂質 (%エネルギー)」および、「n-6系脂肪酸」、女性では、「ナイアシン」において、前期高齢者の摂取量が後期高齢者よりも多かったが、いずれもほぼ現行の栄養摂取基準(2010年版)を満たしていた。一方で、高齢者全体で、日本人の食事摂取基準(2010年版)を満たしていない栄養素は、男性では、「エネルギー」をはじめ、「食物繊維」、「ビタミン A」、「パントテン酸」、「カリウム」、「カルシウム」、「マグネシウム」、「亜鉛」が、女性では、「亜鉛」が挙げられ、今後、地域在住高齢者の栄養摂取状況の改善を進める一方で、現在の栄養摂取基準の検討も必要であろう。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

1) 吉田英世、児玉寛子、吉田祐子、鈴木隆雄.