

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 26 日現在

機関番号：24303

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20240061

研究課題名（和文） 高齢者のエネルギー消費量決定要因の横断的・縦断的検証
（体力、筋細胞量に着目して）

研究課題名（英文） Cross-sectional and longitudinal validation of determinants of energy consumption in the elderly (with particular attention to fitness and muscle cell mass)

研究代表者

木村 みさか（MISAKA KIMURA）

京都府立医科大学・医学部・教授

研究者番号：90150573

研究成果の概要（和文）：

本研究では、高齢者における TEE 決定要因を明らかにし、運動基準作成への基礎的資料の蓄積を目的とした。成果としては、1) ゴールドスタンダードによる日本人高齢者の身体活動レベルを初めて明らかにした（「食事摂取基準 2010」に採用）。2) 高齢者の身体活動量を高精度に判定可能な 3 軸加速度計内蔵活動量計や、運動の強度と質を評価するマークシートの開発に関わり、妥当性を検証した。3) 浮腫を有する高齢者の筋細胞量を正確に測定する方法（アメリカ老年学会 65 周年記念論文賞受賞）を明らかにした。4) 体力の縦断的データから Aging Biomarker に基づいた体力年齢推定式の開発を行った。5) 高齢者における身体活動量は筋細胞量に関連していた。6) 高齢者における運動介入は有意な活動量と体力の増加を示した。

研究成果の概要（英文）：

This study was carried out to clarify determinants of the TEE in elderly people and to accumulate basic data for the preparation of exercise standards. The following are the results: 1) The physical activity level of Japanese elderly people was clarified by the gold standard for the first time. 2) We participated in the development of an activity meter incorporating a triaxial accelerometer for precise determination of the physical activity level in elderly people and a computer-scored answer sheet for the evaluation of the intensity and quality of exercise and confirmed their validity. 3) We devised a method to accurately measure the muscle cell mass in elderly people with edema. 4) We developed an equation for the estimation of fitness age based on aging biomarkers from longitudinal data about fitness. 5) The physical activity level of elderly people was related to the muscle cell mass. 6) A significant increase in the activity level and improvement in fitness were observed in elderly people after exercise intervention.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|------------|------------|
| 2008年度 | 11,800,000 | 3,540,000 | 15,340,000 |
| 2009年度 | 8,800,000 | 2,640,000 | 11,440,000 |
| 2010年度 | 8,300,000 | 2,490,000 | 10,790,000 |
| 2011年度 | 4,600,000 | 1,380,000 | 5,980,000 |
| 総計 | 33,500,000 | 10,050,000 | 43,550,000 |

研究分野：応用健康科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 スポーツ科学

キーワード：高齢者、エネルギー消費量、身体活動量、DLW、体力、筋細胞量、

1. 研究開始当初の背景

わが国では、子どもから高齢者まで、総エネルギー消費量（TEE）をいかにアップさせるかが大きな健康課題となっており、成人については、「運動基準 2006」による健康づくり施策が進行中である。高齢者のガイドラインはまだであるが、策定にあたっては、TEE 増加による疾病予防とともに、体力・運動能力の低下をできる限り少なくする視点が重要である。高齢者では、有酸素運動や筋力増強運動を負荷すると、体力は増加しても、日常生活における運動以外の身体活動（NEAT）が減少することで、当該 1 週間の TEE は増加しないことが報告されている。しかし、長期に観察した TEE への影響は明らかにされていない。また、虚弱高齢者の TEE に関する報告も皆無である。長寿超高齢社会に生きる高齢者の運動やエネルギー必要量を考えるためには、健康・体力レベルの異なる高齢者の TEE をゴールドスタンダード（二重標識水法：DLW 法）によって実測し、これに基づいた簡便法の検証や TEE に及ぼす身体要因、生活・行動要因の影響を検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、高齢者における総エネルギー消費量（TEE）決定要因を明らかにし、食事摂取基準・運動基準作成へのエビデンスを提供することを目的として、1) 虚弱を含む幅広い高齢者に適用できる TEE 評価法（各種簡便法）を DLW 法との比較で検証し、2) 特に身体を動かす基盤となる筋肉の細胞量に注目し、これを評価する方法を確立するとともに、3) TEE に及ぼす筋細胞量の影響、体力、栄養摂

取状況との関連を検討し、4) これらの知見をもとに、高齢者を対象に運動介入研究を行い、体力増強とともに TEE を向上させる方法について検証する。研究期間は 4 年である。

3. 研究の方法

(1) 身体活動量と筋細胞量評価方法の検討 (2008～2009)

①身体活動量評価法：高齢者 38 名を対象に、DLW 法による TEE と実測基礎代謝量から求める PAL(TEE/BM)をゴールドスタンダードとし、3 軸加速度計内蔵加速度計（Actimarker, Panasonic）と簡易生活記録表の妥当性の検証を行った。

②筋細胞量評価法：ゴールドスタンダードは DLW 法による体内総水分量（TBW）と NaBr 法による細胞外液（ECW）から算出し、さらに高解像度 MRI を用いて筋量と筋内組成を測定した。簡便法として、超音波画像装置および部位別多周波生体電気インピーダンス法（S-MFBIA）装置を用いた。

(2) 日本人高齢者における身体活動量と筋細胞量、および体力・生活習慣調査 (2008～)

①7 年間の縦断データを用いた体力年齢指標の作成：毎年継続的に体力を観察しているコホートデータを用いて、Nakamura らの提案する方法に基づく生物学的年齢の一つとして 1)年齢と横断的に相関を示す、2)個々の縦断データの経年変化が横断的な相関の傾向と一致する、3)測定信頼性・再現性がある、を満たす体力測定項目を選び出し、体力年齢指標を作成した。

②体細胞量の加齢変化の特徴：18-93 歳の男女 592 名を対象に S-MFBIA による体細胞量推定を実施し、その加齢変化を男女別に評価した。さ

らに Janssen ら(2002)が提唱した 18-40 歳の値を基準としたときの平均値-2SD 未満を sarcopenia と定義する方法から、sarcopenia の基準値を求めた。

③大腿部の筋細胞量と身体活動量の関係: 高齢男女 122 名 (72.6±6.4 歳) を対象とし、3 軸加速度計(Actimarker, Panasonic) による 2 週間の身体活動量と S-MFBIA による体細胞量を調査した。3MET 以上の活動を記録した時間について、METs×従事時間の 24 時間積分値より 1 日あたりのエクササイズ (Ex := METs・時) を算出し、測定期間中の平均を用いて 1 週間の Ex を求め、歩数ととみに解析に用いた。

(3) 高齢者に対する運動介入 (2010~)

①介護認定を受けていない地域高齢者を対象にした運動教室による介入: 対象者は、非介護認定の高齢者 20 名 (76.4±6.8 歳) である。運動教室は週 1 回、1 回約 100 分、3 ヶ月間実施した。教室では音楽を用いた体操とセラバンドによる運動を実施し、活動量計(Actimarker)と日誌を配布して、自宅での身体活動量アップを奨励した。教室前後に、握力、椅子立ち上がり、歩行速度などを測定した。

②軽度要介護認定者を対象にしたヘルパーによる介入: 軽度の介護認定を受け、訪問介護を利用する 69~95 歳の 38 名を、介入・非介入群 (各々 19 名) にランダムに振り分けた。週 1 回のヘルパー訪問介護時に 30 分間、生活機能向上プログラムを 3 ヶ月間実施し、他の日は対象者がセルフケア体操を行ない、実施状況を記録した。介入前後に、生活機能 (田中らの家事遂行能力尺度, 2009) と体力 (握力、歩行速度など)、筋量 (S-MFBIA)、活動量(Actimarker) を測定・調査した。

4. 研究成果

(1) 身体活動量と筋細胞量評価方法の検討

①高齢者における身体活動量評価: この研究により、日本人高齢者における DLW 法に基づく身体活動量レベルを明らかにすることができた。結果は、「食事摂取基準 2010」に採用された。同時に、高齢者の身体活動量をきわめて正確に測定する 3 軸加速度計内蔵加速度計や、活動の強度だけでなく質も評価する簡易生活記録マークシートの開発に関わり、その応用と妥当性を検証した。

②高齢者における筋細胞量の評価: S-MFBIA は、年齢や性の変数を用いる事なく筋細胞量が評価できる方法であることや、S-MFBIA を用いることによって、浮腫を有する高齢者の筋細胞量を正確に測定することが可能であることを明らかにした (アメリカ老年学会 65 周年記念論文賞受賞 40)。また、筋内の結合組織や脂肪組織等の状態を超音波で評価する方法 2) についても明らかにすることができた。

(2) 身体活動量と筋細胞量および体力・生活習慣の調査

①7 年間の縦断データを用いた体力年齢指標の作成: 握力、垂直跳び、10m 歩行時間、ファンクショナルリーチテスト、開眼片足立ちが、体力年齢を構成する指標として選び出された。さらにこの 5 項目からなる体力年齢の経年変化の男女差についても検討した (Kimura ら) ¹⁾。

②体細胞量の加齢変化の特徴: 体細胞量および体重当たりの体細胞量はともに加齢に伴って低下する傾向を示した。この低下率は従来の画像法で推定されている筋量低下率よりも大きく、Cr 量、K 量の加齢変化と同等で、筋細胞量の低下をより鋭敏に評価できている。そこで、体重あたり ICW について、18-40 歳の値を基準としたときの平均値-2SD の値を男女別に算出し、sarcopenia の基準を設けた。

③大腿部の筋細胞量と身体活動量の関係: Actimarker で活動量を計測した高齢男女 122 名について、Ex および歩数の記録値の四分位から 4 群に分け、各群別に②の sarcopenia 基準値を

下回る人の割合を求めた。Ex および歩数をもっとも少ない群と比較した際に、その他の群の sarcopenia 基準を下回る割合に関する相対リスク比を求め、図 1 に示した。Ex も歩数も高い群では、sarcopenia 基準以下の割合が有意に減少し、特に Ex が最も高いグループでは、Ex が最も低いグループと比較して、ハザード比は 0.289 (95%信頼区間 : 0.173-0.484)であった。歩数よりも Ex が、sarcopenia 基準を下回る人の割合と強く関係していた。

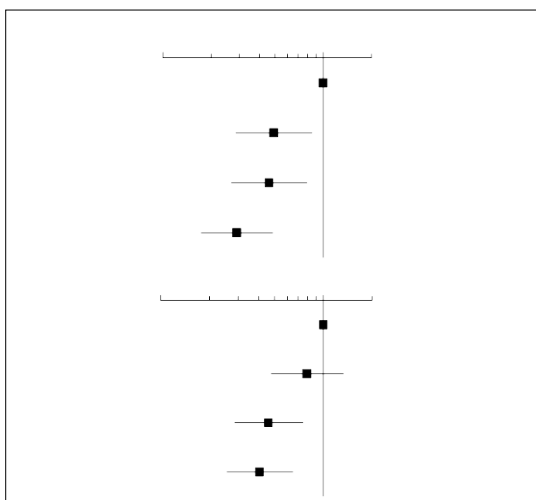


図 1 sarcopenia に分類される割合に関する身体活動量、歩数でグループ分けした相対リスク

(3) 運動介入

①介護認定を受けていない地域高齢者を対象にした運動教室による介入：体力では、その後の死亡率と強く関連することが報告されている歩行速度、椅子立ち上がりテスト、握力が、介入後に有意に改善した。身体活動量として歩数をみると、介入前の平均値 3387 歩/日から、介入後の平均値 5653 歩と、平均 2266 歩 (1 週間で 15862 歩、約 160 分の運動に相当) の有意な増加を認めた。また日誌より 10 分/日程度、体操等の他の運動を行っており、合計で 230 分/週の運動を自宅で実施したと推定できる。先行研究では、180 分/週の身体活

動付加で、医療費の増大が抑制されることが明らかになっている。

②軽度要介護認定者を対象にしたヘルパーによる介入：体力で介入による有意な交互作用 (改善) が認められたのは、握力、ピンチ力、歩行速度、歩幅であり、下肢浮腫にも有意な改善が認められた。活動量 (歩数) は、介入後に非介入群が低下したのに対し、介入群は維持されていた。家事遂行能力尺度得点は、介入群では 84.2% が改善、10.5% が悪化であるのに対し、非介入群はそれぞれ 52.6%、31.6% で、両者の出現率は統計的に有意であった。これは、ヘルパーによる介入が軽度要介護者の身体機能・生活機能向上に寄与することを示すものである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 28 件)

- 1) 木村みさか、横山慶一、小田伸午、永田晟：Detrended Fluctuation Analysis(DFA)を用いて高齢者の歩調のゆらぎを測る (「しなやかさ・力強さ」指標から高齢者の歩行機能低下防止策を探る)、デサントスポーツ科学 29 : 88-97,2008
- 2) 木村みさか：加齢に伴う体力低下と介護予防の必要性、The Bone 22: 469-474, 2007
- 3) 木村みさか：超高齢化社会への提言 (介護予防は体力維持から)、京都府立医科大学雑誌 117 (12) : 921-938,2008
- 4) 糸井亜弥、木村みさか：子どもの身体活動量と通学時間—通学距離の異なる都市部小学校の比較—、ウォーキング研究 12:203-212,2008
- 5) Yosuke Yamada, Keiichi Yokoyama , Risa Noriyasu, Tatasuke Osaki , Tetsuji Adachi, Aya Itoi , Yukichika Naito, Taketoshi Morimoto, Misaka Kimura, and Shingo Oda: Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. Eur J Appl Physiol 105:141-152, 2009
- 6) Takeshi Kikutani , Fumiyo Tamura, Keiko Nishiwaki, Miho Kodama, Makio Suda , Tomoko Fukui, Noriaki Takahashi, Mitsuyoshi Yoshida, Yasumasa Akagawa , Misaka Kimura :Oral motor function and masticatory performance in the community-dwelling elderly. Odontology 97:38-42, 2009

- 7) Yosuke Yamada, Yoshihisa Masuo, Keiichi Yokoyama, Yukako Hashii, Soichi Ando, Yasuko Okayama, Taketoshi Morimoto, Misaka Kimura, Shingo Oda. Proximal electrode placement improves the estimation of body composition in obese and lean elderly during segmental bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Applied Physiology*. Eur J Appl Physiol 107:135-144, 2009
- 8) 木村みさか：高齢者の身体機能と易転倒性——行動体力に注目して、日本医師会雑誌 137 (11) : 2261-2265,2009
- 9) 糸井亜弥、木村みさか：女子学生の身体活動量と栄養摂取状況(平成 19 年度看護系大学入学生における調査結果)、ウオーキング研究 13:203-212,2009 (査読有)
- 10) 山縣恵美、山田陽介、小松光代、木村みさか、岡山寧子：自立高齢者 378 名の体力と体内水分量との関連—妥当性の高い新生体電気インピーダンス法を用いた検討—、京都府立医科大学看護学科紀要 19: 13-19,2010.(査読有)
- 11) 福録恵子、瀬戸奈津子、清水安子、太田曉美、木村みさか：脊柱後弯を有する高齢者に対する在宅バランストレーニングプログラムの介入効果—介入 3 ヶ月時点の体力測定値変化による検討— 大阪大学看護学雑誌 16:29-37, 2010(内部査読有)
- 12) 岡山寧子、小松光代、山縣恵美、山田陽介、仲前美由紀、木村みさか：高齢者における熱中症予防のための対処方法～熱中症既往のない高齢女性を対象にした夏期における飲水行動調査から～. 日本セーフティプロモーション学会誌. 3(1):53-59. 2010(査読有)
- 13) Yamada Y, Schoeller DA, Nakamura E, Taketoshi Morimoto, Misaka Kimura and Shingo Oda: Extracellular Water May Mask Actual Muscle Atrophy During Aging. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* ; 65A:510-6,2010(査読有)
- 14) 安藤創一、山田陽介、木村みさか：キツイ運動は一瞬の判断を鈍らせるか？(運動中の認知課題のパフォーマンスからの検証)、デサントスポーツ科学 31:125-132,2010(査読有)
- 15) 木村みさか、山田陽介：介護予防と体力・サルコペニア、治療学 44(7) : 795-800, 2010.10.16
- 16) 糸井亜弥、木村みさか：都市部小学校 6 年生の身体活動量と栄養素摂取状況—平成 21 年における調査—、ウオーキング研究 14 : 71-80 (査読有り) ,2010
- 17) 海老原修、桜井智野風、高峰修、中村好男、木村みさか、佐々木玲子、長谷川博、高原和子：子どもの歩行緩急を考える【全国子ども歩数調査】、ウオーキング研究 14 : 13-17 (査読有り) ,2010.12.31
- 18) 海老原修、桜井智野風、高峰修、中村好男、木村みさか、佐々木玲子、長谷川博、高原和子：子どもの日常的歩数の同定、発育発達研究 51:92-100,2011
- 19) 山田陽介、飛奈卓郎、木村みさか、小田伸午、中村榮太郎：高齢者の筋量と身体活動量の強度・量・質の関係を明らかにする—sarcopenia 予防のための運動基準作成に向けての基礎的研究—、デサントスポーツ科学 32:72-80,2011
- 20) 木村みさか、吉中康子、松本崇寛、松本麻友子、伊豆田晃正、湯浅弘樹、田中秀門、白石陽子：スポーツ少年団に所属する子どもの外傷(ケガ)調査(サッカークラブ所属者の場合)、日本セーフティプロモーション学会誌 第 4 : 31-40、2011.
- 21) 田中靖人、木村みさか：超高齢化の進行する地域における「健康推進教室」の試み(京都府北部地域 K 町の事例)、京都府立医科大学看護学科紀要 20:137-144,2011.12.20 (内部査読有り)
- 22) Soichi A, Kokubu , Yamada Y, Kimura M : Does cerebral oxygenation affect cognitive function during exercise? *Eur J Appl Physiol*. 2011 Sep;111(9):1973-82, (査読有り)
- 23) Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, Nakamura E. : Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data: sex differences in estimated physical fitness age. *AGE* 2011 Mar 22. [Epub ahead of print], (査読有り)
- 24) Yoshida M, Kikutani T, Yoshikawa M, Tsuga K, Kimura M, Akagawa Y: Correlation between dental and nutritional status in community-dwelling elderly Japanese. *Geriatr Gerontol Int*. 2011 Jul;11(3):315-9 (査読有り)
- 25) Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, Tsukagoshi R, Nakamura M, Mori N, Kimura M, Ichihashi N. : Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *Eur J Appl Physiol*. 2011 Aug 17. [Epub ahead of print] (査読有り)
- 26) S Ando, M Kokubu, S Nakae, M Kimura, T Hojo, N Ebine : Effects of strenuous exercise on visual perception are independent of visual resolution. *Physiol Behav*. 106(2):117-121,2012
- [学会発表] (計 130 件)
- 28) Misaka Kimura, Aya Itoi, Yosuke Yamada: Physical activity level and walking to school in children: Recent Advances and

- Controversies in the Measurement of Energy Metabolism. Denver, USA, February 5-7, 2008
- 29) Yosuke Yamada, Keiichi Yokoyama, Naoyuki Ebine, Yasuko Okayama, Shingo Oda, and Misaka Kimura: The determinant of energy expenditure in 64-96 years-old Japanese elderly. Recent Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism. Denver, USA, February 5-7, 2008
- 30) Yasuko Okayama, Aya Itoi, Soichi Ando, Yosuke Yamada, Taketoshi Morimoto and Misaka Kimura: Validity of simplified physical activity record and dietary record in Japanese elderly. Recent Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism. Denver, USA, February 5-7, 2008
- 31) Kimura, M., Itoi, A., Yamada, Y. and Nakae, S.: The activity level of children has decreased considerably during the past 10 years (Comparison in 6th graders of the same elementary school. American College of Sports Medicine 58th Annual Meeting, Denver, Colorado, US, May 31-June 4, 2011
- 32) Yamada, Y., Yamagata, E., Okayama, Y., Tanaka, H. and Kimura, M.: The sarcopenia determined by cellular level approach is related daily physical activity in the elderly. The 9th International Symposium on In Vivo Body Composition Studies, (HangZhou, China) May 23.2011
他 125 件

[図書] (計 10 件)

- 33) 木村みさか: 老化と身体機能の加齢変化、小川嗣夫、久保克彦、吉中康子、木村みさか編著: 心身機能の低下予防の研究、ブレーン出版、東京、pp 1-19、2009
- 34) 木村みさか: 高齢者向け体力テスト、小川嗣夫、久保克彦、吉中康子、木村みさか編著: 心身機能の低下予防の研究、ブレーン出版、東京、pp20-38、2009
- 35) 木村みさか: 高齢者の体力の特徴、小川嗣夫、久保克彦、吉中康子、木村みさか編著: 心身機能の低下予防の研究、ブレーン出版、東京、pp39-63、2009.
- 36) 木村みさか: わが国における運動指導)、小川嗣夫、久保克彦、吉中康子、木村みさか編著: 心身機能の低下予防の研究、ブレーン出版、東京、pp64-81、2009
- 37) 山田陽介、木村みさか: 健康のためのトレーニング、山地啓司、大築立志、田中宏暁編著. スポーツ・運動生理学概論、昭和出版 191-197、2011

- 38) 木村みさか、山田陽介: 運動の中止と身体不利用の生理反応、山地啓司、大築立志、田中宏暁編著. スポーツ・運動生理学概論、昭和出版 197-205、2011
- 39) 木村みさか、吉中康子、山田陽介: 生活機能向上に注目した運動プログラムの開発とその効果の検証 (3章 身体活動・運動支援班報告)、田中甲子編著: 生活機能向上プログラム提供の支援と評価 (介入研究で効果の客観的エビデンスを検証)、地域保健研究会 39-89、2011

他 3 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者:

木村みさか (MISAKA KIMURA)
京都府立医科大学・医学部・教授
研究者番号: 90150573

(2) 研究分担者

岡山寧子 (YASUKO OKAYAMA)
京都府立医科大学・医学部・教授
研究者番号: 50150850

小松光代 (MITSUYO KOMATSU)
京都府立医科大学・医学部・准教授
研究者番号: 20290223

海老根直之 (NAOYUKI EBINE)
同志社大学・スポーツ健康科学部・准教授
研究者番号: 30404370

(3) 連携研究者: なし