

### 3. 指定研究

## 高齢者が健康を維持するために必要な身体活動量と

## 栄養摂取量の定量化

### ～指導者が自信を持って指導できるためのエビデンスの提供～

吉田 司\*\*\*

中潟 崇\*\*\* 渡邊 大輝\*\* 下山 寛之\*\*\*

#### 抄録

本研究は、高齢者を対象として、骨格筋量に対する身体活動量とたんぱく質摂取量の相互作用を明らかにすることを目的とした。地域在住高齢女性 27 人（70-75 歳）を対象とした。たんぱく質摂取量は 7 日間食事記録法によって推定した。さらに、二重標識水法により総エネルギー消費量（TEE）を算出し、7 日間食事記録法による総エネルギー摂取量（EI）との比（EI/TEE）を用いて、たんぱく質摂取量の過小評価を補正した（PI<sub>DLW</sub>）。身体活動量は三軸加速度計を用いて平均歩数と中高強度身体活動（MVPA）の平均時間を用いた。対象者を PI<sub>DLW</sub>（P）の中央値で二分（L:Low、H:High）し、歩数（S）または MVPA（A）の中央値で二分し、それぞれの組み合わせで 4 群（PL-SL、PL-SH、PH-SL、PH-SH、および PL-AL、PL-AH、PH-AL、PH-AH）に分け、生体電気インピーダンス法を用いて算出した骨格筋量（SMM）および四肢骨格筋量（ALM）の群間差を、分散分析（ANOVA）および年齢を共変量とした共分散分析（ANCOVA）で分析した。PI<sub>DLW</sub> と歩数による群分けの結果は、ANOVA では 4 群の SMM に有意な群間差があったが、ANCOVA では有意な差は検出されなかった。ALM は ANOVA、ANCOVA とともに有意な差は確認されなかった。PI<sub>DLW</sub> と MVPA による群分けの結果は、ANOVA、ANCOVA とともに SMM と ALM に有意な群間差は検出されなかった。明確な結論を得ることはできなかったが、高齢女性においてたんぱく質を多く摂取し、身体活動は質よりも量が骨格筋量に反映される可能性がある。

キーワード：骨格筋量、たんぱく質摂取量、三軸加速度計、歩数、中高強度身体活動量（MVPA）

---

\* 医薬基盤・健康・栄養研究所

\*\* 京都先端科学大学

\*\*\* 筑波大学 体育系

## 1. はじめに

我が国では高齢化が急速に進行し、2025年には高齢化率は30%に達する<sup>1)</sup>。元気な高齢期を過ごすための健康づくりや介護予防の重要性が市民に広く理解されてきている。健康づくりや介護予防の中心は身体活動と栄養であり、アスレチックトレーナーや管理栄養士などの専門性を背景に持つ場合が多い健康運動指導士や健康実践指導者の需要はますます高まると考えられる。しかし、身体活動と栄養の両方の知識を有する人材は必ずしも多くない<sup>2)</sup>ことも事実である。

本研究は高齢者を対象として、骨格筋量に対する身体活動量とたんぱく質摂取量の相互作用を明らかにし、健康を維持するために必要な身体活動量と栄養素摂取量の知見を深めることを目的とした。

## 2. 方法

### 対象者

身体機能測定会に参加経験のある地域在住高齢女性 27 人（70 歳～75 歳）を対象とした。対象者に対して本研究の主旨や個人情報の取り扱い等を口頭で説明し、書面により同意を得た。研究計画は医薬基盤・健康・栄養研究所および京都先端科学大学の倫理審査委員会で承認を得た。

### たんぱく質摂取量

対象者に平日と休日を含む 7 日間連続で食事記録調査を課した。事前に管理栄養士が記録方法を説明し、1 日あたりの食事と飲み物を全て記録するように指示し

た。また、対象者には秤を配布し、外食や惣菜の購入など家庭で調理したもの以外を摂取した場合は、その量を記録するように指示した。記入された記録は日本食品成分表に準拠して管理栄養士がコード化し、WELLNESS21 ソフトウェア（Top Business System、日本）を用いて栄養素を分析した。食事記録は過小評価されることが知られているため<sup>3)</sup>、食事記録によって得られた総エネルギー摂取量 (EI) と二重標識水法 (後述) によって得られた総エネルギー消費量 (TEE) との比 (EI/TEE) を用いて、たんぱく質摂取量の過小評価を修正した<sup>4)</sup>。

### 二重標識水法

二重標識水法は、自由生活下における総エネルギー消費量を評価することが可能である。ある一定期間において体重の変化がなければ、総エネルギー消費量は総エネルギー摂取量と等しいとされるため、二重標識水法は自由生活下における総エネルギー摂取量測定のゴールドスタンダードである。対象者に、酸素および水素の安定同位体である <sup>18</sup>O、<sup>2</sup>H を摂取させた。摂取前 (0 日目) および摂取後 (1, 2, 7, 8, 14, 15 日目に尿サンプルを採取した。尿サンプルは同位体比質量分析計 (Hydra 20-20 Stable Isotope Mass Spectrometers; SerCon Ltd、英国) によって解析され、二酸化炭素生成率 (rCO<sub>2</sub>) と体水分量 (TBW) を下記の式で計算し、期間中の総エネルギー消費量を算出した。

$$TBW = Nd/1.041 + No/1.007$$
$$rCO_2 = 0.455 \times TBW \times (1.007 \text{ ko} - 1.041 \text{ kd})$$

## 身体活動量

三軸加速度計内蔵型活動量計（アクティマーEW4800、パナソニック、日本）を用いて、14日間の身体活動量を調査した。対象者は、就寝中、入浴や水泳等を取り外す必要がある場合を除いて腰に活動量計を装着し、起床から就寝まで通常通り生活をするよう指示した。活動量計によって得られたデータは、解析ソフト（アクティマー解析ソフト、パナソニック、日本）を用いてデータベース化した。有効データの除外基準は、1)着脱記録の無い日、2)国民健康・栄養調査(2016年)の60-69歳女性の歩数分布<sup>5)</sup>を参考に、1パーセンタイル(653歩)以下と99パーセンタイル(16746歩)以上であった日、および3)先行研究において測定精度を担保するために最低4日間のデータが必要<sup>6)</sup>であることから、有効データが4日未満の対象者、とした。対象者の平均歩数および中高強度身体活動(MVPA)の平均時間(分)を分析に用いた。

## 骨格筋量

体組成計(IMP SFB7、ImpediMed、オーストラリア)と貼付け電極(Red Dot、3Mジャパン、日本)を用いた生体電気インピーダンス法によって骨格筋量を評価した。電流印加電極として、第2および第3中手骨の中間、第2および第3中足骨の中間に電極を貼り付けた。電圧計測電極として、橈骨茎状突起と尺骨茎状突起の中間、内踝と外踝の中間に電極を貼り付けた。得られた電気パラメータを用いて、下記の式によって骨格筋量(SMM)<sup>7)</sup>および四肢骨格筋量(ALM)<sup>8)</sup>を算出した。

$$SMM = (\text{身長}^2 / R_{50\text{kHz}} \times 0.401) + (\text{性別} \times 3.825) + (\text{年齢} \times (-0.071)) + 5.102$$

※性別：男性1、女性0、R：電気抵抗値

$$ALM \text{ 男性} = (0.6947 \times (\text{身長}^2 / Z_{50\text{kHz}})) + (-55.24 \times (Z_{250\text{kHz}} / Z_{5\text{kHz}})) + (-10940 \times (1 / Z_{50\text{kHz}})) + 51.33$$

$$ALM \text{ 女性} = (0.6144 \times (\text{身長}^2 / Z_{50\text{kHz}})) + (-36.61 \times (Z_{250\text{kHz}} / Z_{5\text{kHz}})) + (-9332 \times (1 / Z_{50\text{kHz}})) + 37.91$$

※Z：インピーダンス値

## 統計処理

二重標識水補正たんぱく質摂取量(P)の中央値で二分(L:Low、H:High)、および歩数(S)またはMVPA(A)の中央値で二分し、それぞれの組み合わせで4群(PL-SL、PL-SH、PH-SL、PH-SH、およびPL-AL、PL-AH、PH-AL、PH-AH)に分け、一元配置分散分析(ANOVA)および年齢を共変量とした共分散分析(ANCOVA)を行った。有意水準は5%とした。

## 3. 結果と考察

二重標識水(DLW)補正たんぱく質摂取量、歩数、MVPAのそれぞれの中央値は71.2g、6129.9歩/日、1.64分/日であった(表1)。

DLW補正たんぱく質摂取量と歩数のそれぞれの中央値で二分した4群で、DLW補正たんぱく質摂取量の平均はPL-SL群が65.3g、PL-SHが67.4g、PH-SLが88.8g、PH-SHが85.7gで、歩数の平均はPL-SL群が4191歩、PL-SHが8159歩、PH-SLが3280歩、PH-SHが6956歩であった。ANOVA

の結果では4群のSMMに有意な群間差があったが、年齢で調整したANCOVAでは有意な差は検出されなかった。ALMはANOVA、ANCOVAともに有意な差は確認されなかった(表2)。

DLW補正たんぱく質摂取量とMVPAのそれぞれの中央値で二分した4群で、DLW補正たんぱく質摂取量の平均はPL-AL群が68.0g、PL-AH群が64.8g、PH-AL群が85.8g、PH-AH群が87.1gで、MVPAの平均はPL-AL

群が0.9分、PL-AH群が3.7分、PH-AL群が0.9分、PH-AH群が4.3分であった。ANOVA、ANCOVAともにSMMの有意な群間差は検出されず、ALMも同様の結果であった(表3)。

以上の結果から、骨格筋量に対する身体活動と栄養の相互作用を明確にすることができなかった。その原因として次のことが考えられる。第一に、参加者の人数が少なく検出力が足りなかったことであ

表1. 対象者特性

n=27		平均値 ± 標準偏差	中央値
年齢	歳	72.2 ± 1.9	-
DLW補正たんぱく質	g	72.3 ± 11.5	71.2
歩数	歩/日	6061.4 ± 2274.4	6129.9
MVPA	分/日	2.43 ± 2.16	1.64

表2. DLW補正たんぱく質と歩数の中央値の二分で群分けした分散分析の結果

	PL-SL	PL-SH	PH-SL	PH-SH	P <sub>ANOVA</sub>	P <sub>ANCOVA</sub>
人数	10	9	2	6		
年齢	72.6 ± 1.9	71.6 ± 1.9	74.0 ± 1.4	72.0 ± 1.9	0.352	
身長	149.7 ± 5.4	148.2 ± 3.7	149.9 ± 0.1	150.9 ± 5.7	0.763	
体重	50.7 ± 8.0	45.1 ± 6.2	57.6 ± 8.1	55.0 ± 6.0	<b>0.040</b>	
DLW補正たんぱく質	65.3 ± 8.7	67.4 ± 5.9	88.8 ± 4.8	85.7 ± 5.5	<b>0.000</b>	
歩数	4191.8 ± 1299.3	8159.9 ± 1649.8	3280.6 ± 532.4	6956.5 ± 690.5	<b>0.000</b>	
MVPA	1.92 ± 2.41	2.84 ± 1.88	0.62 ± 0.03	3.28 ± 2.29	0.377	
SMM	40.6 ± 4.0	37.2 ± 3.4	43.7 ± 2.3	42.6 ± 3.5	<b>0.030</b>	0.069
ALM	15.7 ± 1.7	14.7 ± 1.2	16.2 ± 0.4	16.1 ± 1.3	0.263	0.485

表3. DLW補正たんぱく質とMVPAの中央値の二分で群分けした分散分析の結果

	PL-AL	PL-AH	PH-AL	PH-AH	P <sub>ANOVA</sub>	P <sub>ANCOVA</sub>
人数	9	10	4	4		
年齢	72.2 ± 2.0	72.0 ± 1.9	73.3 ± 2.4	71.8 ± 1.3	0.690	
身長	147.7 ± 4.5	150.2 ± 4.6	149.5 ± 3.5	151.9 ± 6.3	0.487	
体重	48.2 ± 9.3	47.9 ± 6.2	57.0 ± 8.7	54.3 ± 2.1	0.136	
DLW補正たんぱく質	68.0 ± 5.4	64.8 ± 8.8	85.8 ± 4.4	87.1 ± 6.5	<b>0.000</b>	
歩数	5337.4 ± 2584.2	6732.1 ± 2331.2	5063.9 ± 2096.8	7011.2 ± 848.8	0.371	
MVPA	0.9 ± 0.4	3.7 ± 2.2	0.9 ± 0.4	4.3 ± 2.1	<b>0.001</b>	
SMM	38.7 ± 5.3	39.2 ± 2.6	43.9 ± 3.5	41.8 ± 2.7	0.131	0.222
ALM	14.8 ± 1.7	15.6 ± 1.3	16.1 ± 0.3	16.1 ± 1.7	0.346	0.207

DLW：二重標識水法、MVPA：中高強度身体活動、SMM：骨格筋量、ALM：四肢骨格筋量

PL-SL：低たんぱく質摂取-低歩数群、PL-SH：低たんぱく質摂取-高歩数群

PH-SL：高たんぱく質摂取-低歩数群、PH-SH：高たんぱく質摂取-高歩数群

PL-AL：低たんぱく質摂取-低MVPA群、PL-AH：低たんぱく質摂取-高MVPA群

PH-AL：高たんぱく質摂取-低MVPA群、PH-AH：高たんぱく質摂取-高MVPA群

ANOVA：一元配置分散分析、ANCOVA：共分散分析(共変量：年齢)

る。DLW 補正たんぱく質摂取量と歩数による SMI の比較では、ANOVA では有意な群間差が検出されなかったが、年齢で調整した ANCOVA では有意な傾向 ( $P=0.069$ ) が見られたが明確ではなかった。この分析では PH-SL 群が 2 人と少なかったため、統計の検出力が不足したものと考えられる。第二に、参加者が比較的「健康的」であった可能性がある。対象者の歩数の中央値は 6129 歩で、国民健康・栄養調査 (2016 年) の 60-69 歳女性の中央値である 5600 歩<sup>5)</sup>より 1 割ほど多かった。また、たんぱく質摂取量の平均値は 72.7g で、国民健康・栄養調査(2012 年)<sup>9)</sup>の 65-74 歳の平均の 67.2g より 1 割弱多かった。身体機能測定会に参加経験がある人から対象者をリクルートしたため、健康意識が高い人が抽出された結果であると考えられる。

しかし、対象者数が少なく検出力不足であったとしても、DLW 補正たんぱく質摂取量と歩数による SMI の比較において、年齢で調整して有意な傾向 ( $P=0.069$ ) が得られたのは貴重なデータである。MVPA による群分け、あるいは ALM の比較では有意な傾向も検出されなかったことから、高齢女性において身体活動の質よりも量が重要で、その効果は全身の筋量により反映される可能性がある。

本研究ではさらに以下のような限界がある。本研究は横断研究であり、明確な差が検出されたとしても因果の逆転の可能性は否定できない。より多く、幅広い対象者の確保等の研究計画の改善と、縦断研究や介入研究などにより引き続き検証する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究は、高齢者における身体活動と栄養の相互作用を検証した。明確な結論を得ることはできなかったが、身体活動と栄養の相互作用についての可能性を示唆した。すなわち、高齢女性においてたんぱく質を多く摂取し、身体活動は質よりも量が骨格筋に反映される可能性がある。

#### 引用文献

- 1) 内閣府. 平成 29 年版高齢社会白書 (全体版) (PDF 版) . 2017.
- 2) 宮地元彦編. はじめてとりくむ身体活動支援 メタボ・フレイル時代の栄養と運動. 臨床栄養別冊 2019.
- 3) Watanabe D, Nanri H, Sagayama H, et al. Estimation of Energy Intake by a Food Frequency Questionnaire: Calibration and Validation with the Doubly Labeled Water Method in Japanese Older People. *Nutrients* 2019; 11.
- 4) Korth AL, Bhutani S, Neuhaus ML, et al. Comparison of Methods Used to Correct Self-Reported Protein Intake for Systematic Variation in Reported Energy Intake Using Quantitative Biomarkers of Dietary Intake. *The Journal of nutrition* 2020; 150: 1330-1336.
- 5) Takamiya T, Inoue S. Trends in Step-determined Physical Activity among Japanese Adults from 1995 to 2016. *Medicine and science in sports and exercise* 2019; 51: 1852-1859.
- 6) Watanabe D, Yoshida T, Watanabe Y, et

- al. Objectively Measured Daily Step Counts and Prevalence of Frailty in 3,616 Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 2020; 68: 2310-2318.
- 7) Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, et al. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of applied physiology* 2000; 89: 465-471.
- 8) Yamada Y, Nishizawa M, Uchiyama T, et al. Developing and Validating an Age-Independent Equation Using Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis for Estimation of Appendicular Skeletal Muscle Mass and Establishing a Cutoff for Sarcopenia. *International journal of environmental research and public health* 2017; 14.
- 9) Ishikawa-Takata K, Takimoto H. Current protein and amino acid intakes among Japanese people: Analysis of the 2012 National Health and Nutrition Survey. *Geriatrics & gerontology international* 2018; 18: 723-731.

本研究は、「健康・体力づくり事業財団健康運動指導研究助成事業」の助成金を受けて実施しています