

中高齢者における骨密度と身体組成および 栄養素摂取量の関連と性差の特徴

小林 唯 林 貢一郎 清水 香 富田 一誠

【要旨】

本研究は、中高齢者の骨の健康維持に影響を与える要因を、特に性差に着目して明らかにすることを目的として、中高齢者における骨密度と身体組成、栄養素摂取量の関連について横断的に検討した。男性14名（ 63.4 ± 10.9 歳、平均 \pm 標準偏差）、女性22名（ 62.8 ± 11.2 歳）を対象として、超音波骨密度測定、身体組成測定、食事調査を行い、超音波骨密度測定で得られたStiffnessと身体組成および栄養素摂取量の関連をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。女性については、体重、骨格筋量、骨格筋指数（＝四肢骨格筋量/身長²）と骨密度の指標に有意な正の相関が認められたが、男性においてはこれらの体格指標と関係が認められなかった。以上のことから、中高齢の女性においては、骨格筋量を増加することが骨密度の維持に重要であると推察された。

【キーワード】

骨密度測定 身体組成 中高齢者 食事調査 性差

緒言

わが国では、超高齢化社会を背景として要介護高齢者が増加したことから、2000年に高齢者を社会全体で支え合う仕組みとして介護保険制度が施行された。しかし、発足から20年が経過し、高齢化は益々進み、2020年度末の65歳以上の被保険者は3,579万人、要支援および要介護認定者は680万人を超えている¹⁾。そこで、現在は高齢者の自立を促進するための介護予防に目が向けられており、高齢者が介護予防を通じて自立した生活を図るうえでも、高齢者自身が積極的に健康づくりに取り組むことが求められている。特に、骨の脆弱化と筋力の低下は、転倒や骨折のリスクを増加させて要介護となるリスクであり、高齢者の健康づくりにおいては骨密度の低下と筋力低下の回避が重要視される。

骨格筋においては、加齢によって主としてtype II線維の選択的萎縮が起こる²⁾ため、骨格筋量は減少し、筋力が低下する。しかしながら、若年者同様に高齢者においても筋力トレーニングを行うと、特にtype II線維の肥大が起こる²⁾ことから、高齢者の筋力向上のためには、一定程度の負荷が必要であると考えられている。さらに、高齢者の体格・体力における性差については、長寿は男性が女性より有意に大きいこと、体脂肪は女性が男性よりも有意に多いこと、筋力は女性より男性の方が優れていることが報告されている³⁾。

一方、骨密度は20代をピークとして加齢とともに低下することが知られており、骨粗鬆症は、

加齢とともに発症率が上昇する。負荷に対する骨の適応は、生じる歪み量、負荷サイクルの頻度や回数に依存するため、骨形成を促進するためには、日常生活でかかる負荷より十分に高い強度の負荷を与える必要がある⁴⁾。これら高齢者における身体活動の必要性については、わが国のコホート研究においても報告されており⁵⁾、谷口らは骨量および筋量の低下が併存している高齢者は中高強度身体活動時間が減少していると述べている。そのため、運動や生活上において3METs以上の中高強度身体活動の時間を増加させることが重要であることが示唆されているが、このコホート研究では性差についての検討はなされていない。また、エストロゲンの分泌量低下によって特に閉経後に急激な骨量減少をおこすために、骨粗鬆症は女性に多く発症することが知られている⁶⁾。そのため、高齢者の骨密度に関する研究は、そのほとんどが女性を対象にしたものの⁷⁻⁹⁾であり、男性を対象とした研究や性差に言及した研究は少ない。西端ら¹⁰⁾は高齢者の骨密度について運動量や筋力の影響を性別ごとに検討を行っているが、身体組成や食事に関する検討はなされていない。また、安藤ら¹¹⁾は高齢者の骨強度と食事などの生活要因について性別ごとに検討を行っているが、身体組成に関する検討はなされていない。

そこで、本研究では、中高齢者における骨密度と身体組成、栄養素摂取量について調査し、性差に着目して中高齢者の骨の健康維持に影響を与える要因を明らかにすることを目的として横断的検討を行った。

方法

対象は、2022年6月に國學院大學人間開発学部附属機関である地域ヘルスプロモーションセンター主催の「たまブラ ウェルネスアカデミー2022」に参加した中高齢者36名（男性14名、女性22名）であった。

本研究は、國學院大學ヒト研究等及びヒト由来資料研究等に関する倫理委員会の審査を受け、「ヒト研究R04第03号」として承認をうけたものである。対象者に研究の趣旨を説明の上、書面で同意を得て実施し、個人情報の保護や倫理的配慮には細心の注意を払って行われた。

1. 骨密度

骨密度は、超音波法（A-1000 EXP II、GEヘルスケア社製）を用いて、踵骨の超音波速度（speed of sound : SOS）（m/sec）、広帯域超音波減衰係数（broadband ultrasound attenuation : BUA）（dB/MHz）を測定し、骨強度の指標となり得るStiffnessを算出した。同一の素材であれば骨密度が高いほど骨強度は高いことから、本研究では骨強度を骨密度の指標とした。また、同年齢、性別、人種におけるStiffnessの平均値¹²⁾を100%として比較した同年齢比較の割合（Stiffness同年齢比較(%)）を算出した。本研究においては、StiffnessならびにStiffness同年齢比較(%)を骨密度の指標として用いた。

$$\text{Stiffness} = 0.667 \times \text{BUA} (\text{dB} / \text{MHz}) + 0.278 \times \text{SOS} (\text{m} / \text{s}) - 417$$

Stiffness 同年齢比較 (%) = (被験者の測定値 / 被験者と同年齢の健常者の平均値) × 100

2. 身体計測

身長計測および身体組成測定を行った。身体組成は、3電極式多周波インピーダンス法 (InBody470、株式会社バイオスペース社製) で測定し、体重、体脂肪量、骨格筋量の値を得た。また、Body Mass Index (BMI) および骨格筋指数 (Skeletal Muscle Mass Index : SMI) は、それぞれ次の方法で算出した。

$$\text{BMI}(\text{kg}/\text{m}^2) = \text{体重}(\text{kg}) / [\text{身長}(\text{m})]^2$$

$$\text{SMI}(\text{kg}/\text{m}^2) = \text{四肢骨格筋量}(\text{kg}) / [\text{身長}(\text{m})]^2$$

3. 栄養素摂取量の調査

栄養素摂取量の評価には、食物摂取頻度調査 (Food Frequency Questionnaire : FFQ) を実施し、次世代多目的コホート研究「JPHC-NEXT」で使用の調査票に含まれる短縮版FFQ (66項目) を使用した¹³⁾。FFQは、摂取量の多少による個人の集団内での順位づけのような相対的な食事摂取量の推定については妥当性が確認されている。また、FFQで推定された摂取量と実測値との過大または過少の誤差を少なくするために、FFQで推定された摂取量の妥当性を検討した研究¹³⁾により算出された回帰式を用いて補正を行った値を使用した。食品および栄養素摂取量の算出には、「日本食品標準成分表2020年版 (八訂)」¹⁴⁾に基づいた、専用に開発されたソフトウェア (FFQ NEXT、建帛社) を使用し、エネルギー摂取量、炭水化物摂取量、たんぱく質摂取量、脂質摂取量、食塩摂取量、ビタミンA摂取量、ビタミンD摂取量、ビタミンK摂取量、カルシウム摂取量、鉄摂取量の値を得た。また、対象者ごとにたんぱく質摂取量を体重で除した体重1 kgあたりのたんぱく質摂取量を算出した。さらに、総エネルギー摂取量の多少による他の栄養素への影響を取り除いて検討を行うために、ビタミンA、ビタミンD、ビタミンK、カルシウム、鉄については、1,000kcalあたりのエネルギーで調整した値を次の方法で算出した。

$$\text{エネルギー調整済栄養素摂取量} = (\text{栄養素摂取量} / \text{エネルギー摂取量}) \times 1,000$$

4. 身体活動量の算出

身体活動量の算出には、国際標準化身体活動質問票 (International Physical Activity Questionnaire : IPAQ) (short, usual, self-administered)¹⁵⁾を使用した。本質問票は、集団における身体活動量の評価に使用可能であることが検証されており¹⁶⁾、[強い身体活動]を8Mets、[中等度の身体活動]を4Mets、[軽度の身体活動 (ウォーキング含む)]を3.3Metsとして計算した。

5. 統計処理

統計手法は、得られたデータの各変数の正規性をShapiro-Wilk検定を用いて評価した上で決定

した。正規性のある変数は平均値 \pm 標準偏差、正規性のない変数は中央値と四分位範囲で示した。男女差の平均値の比較について、正規性のある変数に対してLeveneの等分散性の検定（F検定）を行い、すべて等分散性が仮定できたため、対応のないt検定を用いた。また、正規性のない変数に対してはMann-WhitneyのU検定を用いた。Stiffnessと各因子（身体組成や栄養素摂取量など）の相関関係については、Spearmanの順位相関係数を用いた。統計解析にはIBM SPSS Statistics ver. 25（日本アイ・ビー・エム株式会社）を用い、統計学的有意水準は、両側検定ですべて5%未満とした。

結果

1. 対象者特性

対象者特性を表1に示す。平均年齢は 63.4 ± 10.9 歳であり、性差はなかった（ $p = 0.665$ ）。また、1日の身体活動量の中央値は $151.9 \text{ METs} \cdot \text{分}$ であり、男性（ $154.9 \text{ METs} \cdot \text{分}$ ）と女性（ $145.9 \text{ METs} \cdot \text{分}$ ）の間に有意な差はなかった（ $p = 0.089$ ）。

（1）身体特性および骨密度の性差

身長および体重は、男性が女性に比べ有意に高い値であった（共に $p < 0.001$ ）。BMIおよび体脂肪量に性差はなかった（BMI: $p = 0.634$, 体脂肪量: $p = 0.213$ ）。骨格筋量およびSMIは女性に比べて男性の方が有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。SMIにおいては、サルコペニア診断の基準値（男性 $< 7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $< 5.7 \text{ kg/m}^2$ ）¹⁷⁾を下回った対象者が、男性で2例、女性で6例存在した。体脂肪率は男性に比べ、女性の方が有意に高い値であった（ $p < 0.001$ ）。

Stiffnessは男性に比べて女性が有意に低かった（ $p = 0.002$ ）。Stiffness同年齢比較（%）も男性に比べて女性が有意に低かった（ $p = 0.016$ ）。

（2）栄養素摂取量の性差

栄養素摂取量において、男性が女性に比べて有意に高い値を示したのは、エネルギー摂取量（ $p < 0.001$ ）、炭水化物摂取量（ $p < 0.001$ ）、たんぱく質摂取量（ $p < 0.001$ ）、脂質摂取量（ $p < 0.001$ ）、食塩摂取量（ $p < 0.001$ ）、ビタミンD摂取量（ $p < 0.001$ ）、鉄摂取量（ $p = 0.019$ ）であった。一方、女性が男性に比べて有意に高い値を示したのは、エネルギー調整済ビタミンA摂取量（ $p < 0.001$ ）、エネルギー調整済ビタミンK摂取量（ $p = 0.021$ ）、エネルギー調整済カルシウム摂取量（ $p < 0.001$ ）、エネルギー調整済鉄摂取量（ $p < 0.003$ ）であった。カルシウムの摂取量について、本研究の対象者の一日の摂取量の中央値は $567 [532 \sim 599] \text{ mg}$ であり、日本人の食事摂取基準2020年版の推奨量¹⁸⁾を下回っていた。

表 1 対象者特性

	全対象者 (n = 36)	男性 (n = 14)	女性 (n = 22)	p
年齢	63.4 ± 10.9	64.4 ± 10.9	62.8 ± 11.2	± 0.665
身長	161.9 ± 9.9	171.7 ± 7.2	155.7 ± 5.0	± <0.001**
体重	58.0 ± 10.0	65.8 ± 6.8	53.1 ± 8.5	± <0.001**
Body Mass Index (BMI)	22.1 ± 3.0	22.4 ± 2.5	21.9 ± 3.4	± 0.634
体脂肪量	15.7 ± 6.0	14.1 ± 5.2	16.7 ± 6.4	± 0.213
骨格筋量	21.2 [19.0~27.4]	29.1 [25.9~31.3]	19.2 [18.0~21.0]	± <0.001**
Skeletal Muscle Index (SMI)	6.61 ± 1.00	7.64 ± 0.59	5.96 ± 0.53	± <0.001**
体脂肪率	26.9 ± 8.4	21.2 ± 6.4	30.6 ± 7.5	± <0.001**
Stiffness	79.00 [66.25~92.75]	86.50 [79.00~104.5]	68.50 [59.75~84.50]	± 0.002*
同年齢比較%	105.91 ± 19.36	115.42 ± 20.73	99.86 ± 16.12	± 0.016*
身体活動量	151.9 [96.5~204.0]	154.9 [96.5~204.1]	145.9 [79.7~209.1]	± 0.532
エネルギー摂取量	1721 [1680~1960]	2082 [1911~2264]	1699 [1670~1718]	± <0.001**
炭水化物摂取量	247.2 [238.8~259.2]	260.4 [252.8~304.2]	243.9 [236.7~247.6]	± <0.001**
たんぱく質摂取量	62.6 [58.9~68.8]	69.5 [67.4~76.6]	60.1 [57.9~61.5]	± <0.001**
体重 1 kgあたりのたんぱく質摂取量	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.2	± 0.332
脂質摂取量	50.6 [50.0~56.8]	59.1 [53.5~64.4]	50.2 [49.5~50.4]	± <0.001**
食塩摂取量	9.5 [9.2~10.8]	11.1 [10.4~11.8]	9.3 [9.0~9.4]	± <0.001**
ビタミンA摂取量	604 [571~669]	619 [579~692]	600 [540~666]	± 0.203
ビタミンD摂取量	9.1 [7.7~10.5]	10.3 [9.6~11.7]	7.9 [7.5~9.0]	± <0.001**
ビタミンK摂取量	285 ± 52	295 ± 58	278 ± 47	± 0.343
カルシウム摂取量	567 [532~599]	561 [535~589]	577 [528~603]	± 0.987
鉄摂取量	8.9 ± 1.0	9.4 ± 0.9	8.6 ± 1.0	± 0.019*
エネルギー調整済ビタミンA摂取量	326 [305~367]	305 [287~318]	355 [323~378]	± <0.001**
エネルギー調整済ビタミンD摂取量	4.9 [4.5~5.4]	5.2 [4.8~5.7]	4.7 [4.5~5.3]	± 0.191
エネルギー調整済ビタミンK摂取量	155 ± 29	141 ± 27	164 ± 27	± 0.021*
エネルギー調整済カルシウム摂取量	312 ± 40	276 ± 30	335 ± 27	± <0.001**
エネルギー調整済鉄摂取量	4.9 ± 0.6	4.5 ± 0.5	5.1 ± 0.5	± 0.003*

平均±標準偏差もしくは中央値[25~75パーセンタイル]

*対応のないt検定, §Mann-WhitneyのU検定

性差 * : p < 0.05, ** : p < 0.01

2. 各因子の相関関係

(1) Stiffnessと各因子の関係

Stiffnessと各因子の関係を表2に示す。身体活動量に関連は認められなかった。全対象者の結果では、体重 ($r = 0.616$, $p < 0.001$)、骨格筋量 ($r = 0.600$, $p < 0.001$)、SMI ($r = 0.599$, $p < 0.001$)、エネルギー摂取量 ($r = 0.436$, $p = 0.008$)、たんぱく質摂取量 ($r = 0.374$, $p = 0.025$)、脂質摂取量 ($r = 0.461$, $p < 0.005$)、食塩摂取量 ($r = 0.422$, $p = 0.01$) に有意な正の相関関係が認められ、年齢 ($r = -0.490$, $p = 0.002$)、体重1 kgあたりのたんぱく質摂取量 ($r = -0.463$, $p = 0.004$)、カルシウム摂取量 ($r = -0.388$, $p = 0.02$) と有意な負の相関関係が認められた。そこで、男性と女性に分けて検討を行ったところ、女性は、体重 ($r = 0.597$, $p = 0.003$)、体脂肪量 ($r = 0.437$, $p = 0.042$)、骨格筋量 ($r = 0.505$, $p = 0.017$)、SMI ($r = 0.515$, $p = 0.014$) に有意な正の相関関係が認められ、年齢 ($r = -0.650$, $p = 0.001$)、体重1 kgあたりのたんぱく質摂取量 ($r = -0.553$, $p = 0.008$)、カルシウム摂取量 ($r = -0.453$, $p = 0.034$) と有意な負の相関関係が認められたが、男性ではいずれの項目においても有意な関係が認められなかった。

表2 Stiffnessと各因子の関係

		Spearmanの順位相関係数（両側検定）					
		全対象者 (n = 36)		男性 (n = 14)		女性 (n = 22)	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
年齢	(歳)	-0.490**	0.002	-0.331	0.247	-0.650**	0.001
体重	(kg)	0.616**	<0.001	-0.009	0.976	0.597**	0.003
Body Mass Index (BMI)	(kg/m ²)	0.316	0.061	-0.061	0.836	0.336	0.126
体脂肪量	(kg)	0.120	0.485	-0.057	0.845	0.437*	0.042
骨格筋量	(kg)	0.600**	<0.001	-0.094	0.749	0.505*	0.017
Skeletal Muscle Index (SMI)	(kg/m ²)	0.599**	<0.001	-0.147	0.615	0.515*	0.014
体脂肪率	(%)	-0.159	0.356	-0.034	0.907	0.305	0.168
身体活動量	(METs・分/日)	-0.113	0.513	-0.035	0.905	-0.296	0.182
エネルギー摂取量	(kcal)	0.436**	0.008	-0.155	0.598	0.131	0.563
炭水化物摂取量	(g)	0.222	0.192	-0.196	0.501	-0.080	0.724
たんぱく質摂取量	(g)	0.374*	0.025	-0.402	0.154	0.045	0.844
体重1 kgあたりのたんぱく質摂取量	(g)	-0.463**	0.004	-0.040	0.893	-0.553**	0.008
脂質摂取量	(g)	0.461**	0.005	-0.212	0.467	0.140	0.536
食塩摂取量	(g)	0.422*	0.010	-0.342	0.231	0.155	0.490
ビタミンA摂取量	(μgRE)	0.091	0.597	-0.066	0.822	0.081	0.719
ビタミンD摂取量	(μg)	0.326	0.052	-0.351	0.219	0.094	0.676
ビタミンK摂取量	(μg)	-0.035	0.841	-0.422	0.133	0.036	0.875
カルシウム摂取量	(mg)	-0.388*	0.019	-0.364	0.200	-0.453*	0.034
鉄摂取量	(mg)	0.071	0.683	-0.492	0.074	0.019	0.932

両側検定 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

（２）Stiffness 同年齢比較（％）と各因子の関係

Stiffness 同年齢比較（％）と各因子の関係を表 3 に示す。身体活動量に関連は認められなかった。全対象者の結果では、体重（ $r = 0.477$, $p = 0.003$ ）、骨格筋量（ $r = 0.466$, $p = 0.004$ ）、SMI（ $r = 0.499$, $p = 0.002$ ）、エネルギー摂取量（ $r = 0.351$, $p = 0.036$ ）、脂質摂取量（ $r = 0.367$, $p = 0.028$ ）、食塩摂取量（ $r = 0.381$, $p = 0.022$ ）、ビタミン D（ $r = 0.368$, $p = 0.027$ ）に有意な正の相関関係が認められ、体重 1 kg あたりのたんぱく質摂取量（ $r = -0.351$, $p = 0.036$ ）、カルシウム摂取量（ $r = -0.395$, $p = 0.017$ ）と有意な負の相関関係が認められた。性別ごとに検討した結果、女性は、体重（ $r = 0.530$, $p = 0.011$ ）、骨格筋量（ $r = 0.482$, $p = 0.023$ ）、SMI（ $r = 0.570$, $p = 0.006$ ）に有意な正の相関関係が認められ、体重 1 kg あたりのたんぱく質摂取量（ $r = -0.466$, $p = 0.029$ ）、カルシウム摂取量（ $r = -0.450$, $p = 0.036$ ）と有意な負の相関関係が認められたが、男性ではいずれの項目においても有意な関係が認められなかった。

表 3 Stiffness 同年齢比較（％）と各因子の関係

		Spearman の順位相関係数（両側検定）					
		全対象者（ $n = 36$ ）		男性（ $n = 14$ ）		女性（ $n = 22$ ）	
		r	p	r	p	r	p
体重	(kg)	0.477**	0.003	-0.213	0.464	0.530*	0.011
Body Mass Index (BMI)	(kg/m ²)	0.258	0.129	-0.185	0.526	0.324	0.141
体脂肪量	(kg)	0.100	0.563	-0.178	0.543	0.378	0.083
骨格筋量	(kg)	0.466**	0.004	-0.251	0.387	0.482*	0.023
Skeletal Muscle Index (SMI)	(kg/m ²)	0.499**	0.002	-0.256	0.377	0.570**	0.006
体脂肪率	(%)	-0.093	0.591	-0.106	0.719	0.248	0.265
身体活動量	(METs・分/日)	0.079	0.645	-0.143	0.626	-0.125	0.578
エネルギー摂取量	(kcal)	0.351*	0.036	-0.226	0.436	0.157	0.486
炭水化物摂取量	(g)	0.147	0.392	-0.284	0.326	-0.056	0.805
たんぱく質摂取量	(g)	0.313	0.063	-0.371	0.191	0.103	0.647
体重 1 kg あたりのたんぱく質摂取量	(g)	-0.351*	0.036	0.152	0.605	-0.466*	0.029
脂質摂取量	(g)	0.367*	0.028	-0.187	0.523	0.155	0.491
食塩摂取量	(g)	0.381*	0.022	-0.257	0.375	0.250	0.262
ビタミン A 摂取量	(μgRE)	0.118	0.495	-0.059	0.840	0.116	0.608
ビタミン D 摂取量	(μg)	0.368*	0.027	-0.226	0.436	0.278	0.211
ビタミン K 摂取量	(μg)	-0.018	0.917	-0.305	0.288	0.096	0.672
カルシウム摂取量	(mg)	-0.395*	0.017	-0.345	0.227	-0.450*	0.036
鉄摂取量	(mg)	0.085	0.624	-0.341	0.233	0.038	0.867

両側検定 *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

考察

本研究では、中高齢者の骨の健康維持に影響を与える要因を性差に着目して明らかにすることを目的とし、骨密度と身体組成およびエネルギーと栄養素摂取量について横断的に検討した。

1. 対象者特性

本研究の対象者の年齢は 63.4 ± 10.9 歳、IPAQから算出された一日の身体活動量の中央値は $151.9 \text{ METs} \cdot \text{分}$ ($17.7 \text{ METs} \cdot \text{時} / \text{週}$)であった。健康づくりのための身体活動基準2013¹⁹⁾では、身体活動量は18歳～64歳では $23 \text{ METs} \cdot \text{時} / \text{週}$ 、65歳以上では $10 \text{ METs} \cdot \text{時} / \text{週}$ 以上が望ましいとされている。今回の検討では、身体活動量に性差はなく、骨密度との有意な関連も認められなかった。

（1）身体特性の性差

BMIは男性 $22.4 \pm 2.5 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $21.9 \pm 3.4 \text{ kg/m}^2$ であり、性別間に差はなかったことから、本研究の対象者は標準体重に近い体格であったことが窺え、男女間の体格に偏りがなかったことが示唆された。

本研究において、SMIの平均は全体 $6.61 \pm 1.00 \text{ kg/m}^2$ であった。性別で比較すると、女性 ($5.96 \pm 0.53 \text{ kg/m}^2$) に比べ、男性 ($7.64 \pm 0.59 \text{ kg/m}^2$) の方が有意に高い値であった ($p < 0.001$)。Rosenberg²⁰⁾は、加齢により、ある一定量以上に骨格筋量が減少した場合を“サルコペニア”と提案した。サルコペニアは、加齢とともに心身の活力が低下した虚弱な状態とされるフレイルの主たる要因と考えられており、アジアサルコペニアワーキンググループ (Asian Working Group for Sarcopenia: AWGS) により2014年に診断基準が報告されている²¹⁾。前述の診断基準によると、生体インピーダンス法によるSMIの基準値として男性 $< 7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $< 5.7 \text{ kg/m}^2$ が採用されており、サルコペニア新診断基準 (AWGS2019)¹⁷⁾においても同じ基準が採用されている。本研究の対象者の平均は、男女ともにサルコペニア診断の基準値 (男性 $< 7.0 \text{ kg/m}^2$ 、女性 $< 5.7 \text{ kg/m}^2$) を上回った。しかしながら、サルコペニア診断の基準値を下回った対象者が、男性で2例、女性で6例存在し、それぞれ14%、27%を占めた。平均としては健康的な集団と考えられるが、サルコペニアの診断基準を下回る四肢の筋量が低い対象者もいることが示され、かつ女性の方が高い割合であった。

（2）栄養素摂取量の性差

栄養素摂取量において、エネルギー、炭水化物、たんぱく質、脂質、食塩、ビタミンD、鉄の一日の摂取量は男性が女性に比べ有意に高く、 $1,000 \text{ kcal}$ でエネルギー調整を行ったエネルギー調整済の栄養素摂取量を比べてみると、ビタミンA、ビタミンK、カルシウム、鉄は女性の方が有意に高い値を示した。エネルギー摂取量は女性が $1,699 \text{ kcal}$ 、男性が $2,082 \text{ kcal}$ であり（表1）、男性の方が約 380 kcal 多く摂取していたことから、食事全体の量が多くなりその他の栄養素についても多く算出されたと考えられる。すなわち、女性の方が男性に比べて栄養密度の高い食事を摂取していることが推察された。本研究では、食品群別の検討は行っていないため、食品群別摂取量の性差については明らかにしていないが、男性に比べて女性の方が栄養価の高い食品を摂取

している可能性が推察された。

2. 骨密度の指標と各因子の相関関係

（1）身体特性

全対象者においてStiffnessは体重、骨格筋量、SMIと有意な正の相関が認められたことから、重さ、特に筋肉量が骨密度に影響していることが示唆された。性別で検討したところ、女性においてStiffnessは体重、体脂肪量、骨格筋量、SMIに有意な正の相関関係が認められた。したがって、女性においては、筋も脂肪も少ない人ほど骨密度が低くなることが推察される。一般的に、エネルギーバランスが負の状態では、筋や体脂肪の減少に伴い体重が減少する。骨格筋量と体脂肪量が低い場合はエネルギー不足が考えられ、エネルギー不足により骨形成が阻害され骨密度の低下の一因となっていることが推察された。一方、男性においてはこの傾向は認められず、体格と骨密度の間に有意な相関関係はみられなかった。本研究の全対象者においてStiffnessは年齢と有意な負の相関が認められた。性別で検討したところ、女性は負の相関が認められたため、年齢による骨密度低下の影響を排除するために、Stiffness同年齢比較(%)と各因子との関係について検討を行った。全対象者および女性においてStiffness同年齢比較(%)は体重、骨格筋量、SMIと有意な正の相関が認められた一方、男性においてStiffness同年齢比較(%)は身体特性の何れの因子とも有意な関連は認められなかった。以上のことから、女性において同年齢の人と比べて骨密度の低い人は、筋肉量が少ないことが示唆された。これらは、数多くの先行研究²²⁻²⁴⁾と同様の傾向であり、中高齢の女性においては筋量や体重を維持することが骨の健康に大切であることを裏付ける結果となった。

（2）栄養素摂取量

Stiffnessと栄養素摂取量の各因子の関係をそれぞれ検討した結果、全対象者ではエネルギー、たんぱく質、脂質、食塩の摂取量に有意な正の相関関係が認められ、体重1kgあたりのたんぱく質、カルシウム摂取量と有意な負の相関関係が認められた。Stiffness同年齢比較(%)と栄養素摂取量の各因子の関係をそれぞれ検討した結果でも、全例ではエネルギー、脂質、食塩、ビタミンD摂取量に有意な正の相関が認められ、体重1kgあたりのたんぱく質、カルシウム摂取量と有意な負の相関が認められた。

性別で検討を行ったところ、男性ではStiffnessと栄養素摂取量の全ての因子において有意差は認められなかったが、たんぱく質摂取量、ビタミンK摂取量、鉄摂取量は相関係数が0.4を超える結果であった（表2）。男性のサンプルサイズが少なかったために、相関が有意な水準に達しなかった可能性が考えられる。年齢を考慮したStiffness同年齢比較(%)では、栄養素摂取量の全ての因子において有意な関係は認められなかった。

女性では、StiffnessとStiffness同年齢比較(%)ともに、たんぱく質とカルシウム摂取量に有意

な負の相関が認められた。カルシウムは、骨形成には欠かせない栄養素であることから、我々は Stiffness が低いほどカルシウム摂取量が低いと考えたが、全例においては、Stiffness とカルシウム摂取量には有意な負の相関が認められ、Stiffness が高いほどカルシウム摂取量が低いという結果が得られた。本研究の結果は矛盾しているように思えるが、現在のカルシウム摂取状況が今までのカルシウム摂取量を必ずしも反映していないこと、女性であることや高齢であることから自身の骨密度が低いと考えられる人が敢えてカルシウムを積極的に摂取していることなども考えられる。土屋ら²⁵⁾の研究でも40歳代において、カルシウムを多く含む牛乳・乳製品の摂取は、飲まない方が「ほぼ毎日飲む」や「時々飲む」より骨密度が高かったとの同様の結果が得られている。しかしながら、本研究の対象者の一日の摂取量の中央値は男性561[535～589]mg、女性577[528～603]であり、日本人の食事摂取基準2020年版の推奨量（男性750mg、女性650mg）を下回っていた。そもそも、日本人の食事摂取基準2020年版における必要量の設定は、要因加算法により算出されており、高齢者の骨量の維持を考慮した設定になっていない¹⁸⁾。そのため、フレイル予防のためには食事からより積極的にカルシウムを摂取することが必要かもしれない。全対象者および女性においては、Stiffness と体重1 kgあたりのたんぱく質量の間にも有意な負の相関関係が認められた。たんぱく質の過剰摂取は尿中のカルシウム排泄量を増加させるが、日本人の食事摂取基準2020年版の身体活動レベル別に見たたんぱく質の目標量の上限を参照体重で除して体重1 kgあたりの量を算出すると、男性では1.90、女性では1.82となり、本研究対象者の体重1 kgあたりのたんぱく質摂取量の平均および標準偏差は男性 1.1 ± 0.1 、女性 1.2 ± 0.2 であり、過剰摂取のレベルには達していなかった。カルシウム同様、たんぱく質についても過去の食事内容が必ずしも現在の食事内容を反映していないことや自身の筋量が低いと考えられる人が敢えて積極的に摂取していることが推察される。また、鉄については、骨吸収の際、破骨細胞の分化に伴うミトコンドリアの鉄需要の増大を示唆することが報告されている²⁶⁾が、本研究においては骨密度の指標と関係が認められなかった。

結論

中高齢者において、骨密度の指標（Stiffness）と身体組成、栄養摂取状況について性別で検討を行った。女性については、体重、骨格筋量、SMIと骨密度の指標に有意な正の相関が認められたが、男性においてはこれらの体格指標と関係が認められなかった。以上のことから、中高齢の女性においては、骨格筋量を増加することが骨密度の維持に重要であると推察された。

謝辞

本研究の実施にあたり測定にご協力いただきました対象者の皆様方、國學院大學人間開発学部地域ヘルスプロモーションセンター委員の高山真琴教授ならびに青木康太郎准教授に深く感謝申し上げます。また、測定をお手伝いいただきました地域ヘルスプロモーションセンター支援学生

の会の学生、富田ゼミ、林ゼミ、小林ゼミの学生に深く感謝申し上げます。

利益相反

開示すべき利益相反関係に相当する事項はない。

文献

- 1) 厚生労働省, 令和2年度 介護保険事業状況報告(年報), https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/20/dl/r02_zenkokukei.pdf, (参照日2022年9月1日)
- 2) 久野譜也, 田辺解. 筋の代謝の筋線維組成. 福永哲夫編, 筋の科学辞典. 朝倉書店: 東京, 2002, pp.120-121.
- 3) 中比呂志, 出村慎一, 松沢甚三郎: 高齢者における体格・体力の加齢に伴う変化及びその性差. 体育学研究, 1997; 42: 84-96.
- 4) イニゴほか: 長谷川博監訳. エンデュランストレーニングの科学—持久力向上のための理論と実践—. NAP Limited: 東京, 2015, pp.152
- 5) 谷口善昭, 牧迫飛雄馬, 中井雄貴, 富岡一俊, 窪蘭琢郎, 竹中俊宏, 大石充: 地域在住高齢者における骨量および筋量の低下と身体活動との関連性. 理学療法学, 2022; 49(2): 131-138.
- 6) 細井孝之. 骨粗鬆症. 板倉弘重監, 医科栄養学. 建帛社: 東京, 2010, pp.619.
- 7) 梶田悦子, 伊木雅之, 飛田芳江, 三田村純枝, 日下幸則, 緒方昭, 寺本路夫, 土田千賀, 山本和高, 石井靖: 中高年女性の腰椎骨密度とそれに影響する要因(第3報) 有経者と閉経者別にみた体力指標及びLifestyle要因と骨密度との関係. 日衛誌, 1995; 50: 893-900.
- 8) 浅井英典, 鳥居順子, 大柿哲朗, 田中伸司, 飯尾篤, 潮田珠身, 一色昌栄: 長時間の運動および栄養学的介入指導が中高齢女性の骨密度および体力に及ぼす影響について. 日本生理人類学会誌, 2001; 6(4): 179-186.
- 9) 中谷昭, 清水智佳子, 吉田輝代, 奥田千秋, 吉岡哲, 山口幸一: 卓球が中高年女性の骨密度に及ぼす影響. 関西福祉大学研究紀要, 2019; 22: 11-15.
- 10) 西端泉, 島田広美, 田嶋美代子, 彦井浩孝: 高齢者の骨密度に及ぼす要因の検討—特に体格、運動量および筋力の影響について—. 川崎市立看護短期大学紀要, 2004; 9(1): 9-17.
- 11) 安藤弘行, 岡崎久美, 村田薫, 田中裕子, 植田政栄, 村井陽子: 高齢者の骨強度の実態と生活要因の関連. 日本食育学会誌, 2016; 10(4): 297-306.
- 12) 萩野浩. QUSの基準値. 日本骨粗鬆症学会骨強度測定機器の評価と臨床応用に関する委員会, QUS使用の実際. Osteoporosis Japan, 2005; 13(1): 31-35.
- 13) Yokoyama Y, Takeuchi R, Ishihara J, Ishii Y, Sasazuki S, Sawada N, Shinozawa Y, Tanaka J, Kato E, Kitamura K, Nakamura K, Tsugane S. Validity of short and long self-administered food frequency questionnaires in ranking dietary intake in middle-aged and elderly Japanese in the Japan Public Health Center-Based Prospective Study for the Next Generation (JPHC-NEXT) protocol area. J Epidemiol, 2016;

26 : 420-432.

- 14) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告. 日本食品標準成分表2020年版(八訂) 全国官報販売協同組合 : 東京, 2021.
- 15) 日本医科大学公衆衛生学分野. IPAQ 日本語版 (short version, usual week). http://www.tmu-ph.ac/news/data/short_version_usual_week.pdf, (参照日2022年9月1日)
- 16) 村瀬剛生, 勝村俊仁, 上田千穂子, 井上茂, 下光輝一: 身体活動量の国際標準化 – IPAQ 日本語版の信頼性、妥当性の評価 –. 厚生労働省, 2002 ; 49(11) : 1-9.
- 17) Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, Jang HC, Kang L, Kim M, Kim S, Kojima T, Kuzuya M, Lee J, Lee SY, Lee WJ, Lee Y, Liang CK, Lim JY, Lim WS, Peng LN, Sugimoto K, Tanaka T, Won CW, Yamada M, Zhang T, Akishita M, Arai H.: Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. J Am Med Dir Assoc, 2020; 21(3) : 300-307.
- 18) 伊藤貞嘉, 佐々木敏監. 日本人の食事摂取基準 (2020年版). 第一出版 : 東京, 2020
- 19) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準2013.
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html>, (参照日2022年9月1日)
- 20) Irwin H. Rosenberg. : Sarcopenia: origins and clinical relevance. J Nutr, 1997; 127: 990S-991S.
- 21) Chen LK, Liu LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Bahyah KS, Chou MY, Chen LY, Hsu PS, Krairit O, Lee J, Lee WJ, Lee Y, Liang CK, Limpawattana P, Lin CS, Peng LN, Satake S, Suzuki T, Won CW, Wu CH, Wu SN, Zhang T, Zeng P, Akishita M, Arai H.: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. J Am Med Dir Assoc, 2014; 15(2) :95-101 (doi:10.1016/j.jamda.2013.11.025).
- 22) 戸田歩, 塚原典子, 江澤郁子: 閉経前・後期日本人女性の骨密度に対する食生活および身体活動の影響. 日本栄養・食糧学会誌, 1993 ; 46(5) : 387-394.
- 23) 宮島多映子, 鶴山治, 桐村智子, 加治秀介, 吉本祥生: 閉経後の日本人女性の骨密度に影響を及ぼす要因. 日本看護研究学会雑誌, 2002 ; 25(5) : 97-107.
- 24) 大川皓平, 田中浩平, 鈴木大夢, 富永琢也, 高橋弦: 閉経後骨密度に関連する身体的特性. 理学療法の科学と研究, 2018 ; 9(1) : 7-13.
- 25) 土屋久幸, 三宅健夫, 横山英世, 野崎貞彦: 骨密度に関連する因子の年齢差についての検討. 民族衛生, 1997 ; 63(4) : 241-253.
- 26) 池田恭治: 骨粗鬆症にかかわるミトコンドリア. 医学のあゆみ, 2010 ; 232(6) : 753-756.

(こばやしゆい 國學院大學人間開発学部健康体育学科助教)
(はやしこういちろう 國學院大學人間開発学部健康体育学科教授)
(しみずかおり 國學院大學人間開発学部健康体育学科助手)
(とみたかずなり 國學院大學人間開発学部健康体育学科教授)