

《原著》

和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度との関連 —10年間の国際比較研究

阿部 稚里^{1, 2)}、今井 具子^{2, 3)}、瀬崎 彩也子^{4, 5)}、宮本 恵子^{2, 6)}
川瀬 文哉^{5, 7)}、白井 禎朗^{2, 8)}、眞田 正世^{2, 9)}、位田 文香^{5, 10)}
加藤 匠^{2, 11)}、杉原 規恵¹²⁾、下方 浩史^{2, 5)}

要旨

【目的】伝統的な和食は日本人の長寿や非伝染性疾患予防に寄与していると考えられているが、カルシウム不足が指摘されており、骨密度の低下や骨粗鬆症との関連が懸念されている。本研究では、世界各国を対象に、和食パターンをスコア化した和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度との世界規模での関連について、10年間の縦断解析によって明らかにすることを目的とした。

【方法】伝統的な和食でよく使用される食品グループ（米、魚、大豆、野菜、卵）と伝統的な和食ではあまり使用されない食品グループ（小麦、牛乳、赤肉）を使用して和食スコアを算出した。和食スコアの合計得点は-8点から8点となり、得点が高いほど伝統的な和食に沿っていることを示している。和食スコアの計算に必要な食品供給量と総エネルギー供給量は国連食糧農業機関データベース（FAOSTAT）から入手した。低骨密度率および60歳以上の骨密度は、Global Burden of Disease (GBD) 2019データベースから入手した。共変量として、人口、国民一人当たりの国内総生産(GDP)、高齢化率（以上世界銀行データベース）、平均BMI、喫煙率、教育年数、身体活動量（以上GBDデータベース）を入手した。線形混合モデルを用いて、2009年をベースラインとして共変量で調整した和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度の10年間の縦断的解析を行った。解析は全てのデータが得られた100万人以上の人口を持つ147カ国を対象とした。

【結果】全ての共変量を調整したモデルにおいて、和食スコアと低骨密度率の間に有意な正の関連があり（ $\beta=0.103$ 、 $SE=0.026$ 、 $p<0.001$ ）、和食スコアと60歳以上の骨密度の間には有意な負の関連があった（ $\beta=-3.457$ 、 $SE=0.950$ 、 $p<0.001$ ）。低骨密度率の年間変化率は和食スコアが増えるほど上昇し、60歳以上の骨密度の年間変化率は和食スコアが高くなるほど下降した。

【結論】伝統的な和食パターンがその後10年間の世界規模での低骨密度率の上昇と60歳以上の骨密度の低下と関連していることを示唆した。今後さらに和食パターンと骨の健康の関連について明らかにしていくためには、個人の食事パターンや人種などの詳細なデータを世界的に収集して解析を行うことが必要である。

キーワード：骨密度、和食スコア、国際比較、FAOSTAT、縦断的研究

- 1) 三重短期大学 食物栄養学科
- 2) 名古屋学芸大学健康・栄養研究所
- 3) 同志社女子大学大学院 生活科学研究科
- 4) 龍谷大学 農学部
- 5) 名古屋学芸大学大学院 栄養科学研究科
- 6) 名古屋学芸大学 看護学部
- 7) 愛知県厚生連 足助病院 栄養科
- 8) 金城学院大学 生活環境学部
- 9) 平成医療短期大学 看護学科
- 10) 浜松医科大学医学部附属病院 栄養部
- 11) 日本赤十字社愛知医療センター名古屋第二病院 栄養部
- 12) 神奈川県立保健福祉大学 保健福祉学部

【緒言】

伝統的な和食の基本構成は主食であるご飯と一汁三菜であり¹、副食には野菜、魚介類、大豆／大豆由来製品がよく使われている²。和食は日本人の長寿や非伝染性疾患予防に寄与していると考えられており³⁻⁶、世界各国においても伝統的な和食パターンは健康寿命を延伸し、肥満率、乳癌発症率および死亡率、自殺率、全死亡率、心疾患死亡率、全癌死亡率を抑制する可能性が示されている⁷⁻¹⁰。一方で、一汁三菜を基本とした日本人の食事パターンはカルシウム不足が指摘されており¹¹、日本人のカルシウム摂取量は、中国人と比較すると多いがアメリカ人と比較すると少ないことも報告されている¹²。

カルシウム不足で懸念される疾患に骨粗鬆症がある。骨粗鬆症は骨量の低下と骨組織の微細構造の劣化を特徴とする疾患で、骨の脆弱性が高まり、その結果骨折のリスクが増加する¹³。骨粗鬆症の有病率は世界規模で人口の高齢化とともに上昇し続けており、特に日本を含むアジアで高いことが報告されている¹⁴。骨量の低下の指標である低骨密度は、全死因および心血管疾患による死亡率の有意な上昇と関連していることが報告されているため¹⁵、食事や栄養素の摂取状況と骨密度の関連を明らかにすることは、世界的に重要な課題である。

栄養摂取量と骨の健康に関する最近のレビューでは、地中海式食事やブルーデント・ダイエット(動脈硬化の予防を目指した食事)の順守が骨折リスクの低下と関連していることを報告しており、単一の栄養素のみではなく、ミネラル、たんぱく質、果物や野菜を含むバランスの取れた食事の重要性を示唆している¹⁶。我々は魚や野菜が多く肉が少ないという地中海式食事パターンと似た特徴を持つ和食パターンをスコア化し、いくつかの非感染症疾患との関連を報告している⁷⁻¹⁰が、和食パターンと骨密度との関連を世界規模で明らかにした報告はない。そこで本研究では、世界各国を対象に、和食パターンをスコア化した和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度との世界規模での関連について、10年間の縦断解析によって明らかに

することを目的とした。

【方法】

和食スコアの算出方法

我々は Trichopoulou らによる地中海食スコアの計算方法¹⁷を参考に、伝統的な和食でよく使用される食品グループ(米、魚、大豆、野菜、卵)と伝統的な和食ではあまり使用されない食品グループ(小麦、牛乳、赤肉)を使用して和食スコアを算出した^{7, 10}。これら8つの食品を、一人当たり1,000 kcal 単位で食品供給量の多い順に3分位に分けた。伝統的な和食でよく使用される食品グループは供給量の多い順に+1、0、-1 点を、伝統的な和食ではあまり使用されない食品グループは供給量の少ない順に-1、0、+1 点を加算した。和食スコアの合計得点は-8点から8点となり、得点が高いほど伝統的な和食により沿っていることを示している。これらの食品供給量は、国連食糧農業機関統計部データベース(FAOSTAT)¹⁸から取得した。FAOSTATの食糧供給量は生産から消費者に届くまでの減耗を除いた量であり、家庭での消費量を反映していると推定される^{19, 20}。

目的変数

国別の年齢標準化された低骨密度率(以下、低骨密度率)および60歳以上の年齢標準化された骨密度(以下60歳以上の骨密度)は、Global Burden of Disease Study (GBD) 2019のデータベースから取得した。GBDは、疾病、外傷、危険因子による死亡率や身体障がいによる疾病負担に関する地域あるいは地球規模での包括的な疾病負担の研究プログラムであり、ワシントン大学医学部に拠点を置く独立した人口健康研究機関である健康指標研究所が中心となって、世界127カ国の国際共同研究として運営されている²¹。

共変量

社会経済的指標と生活習慣の指標として、国民一人当たりの国内総生産(Gross Domestic Product; GDP)、高齢化率(65歳以上の人口割

合)、国別総人口(以上世界銀行のデータベース²²)、教育年数、喫煙率、平均BMI、身体活動量、(以上GBD2019のデータベース²³)、エネルギー供給量(FAOSTAT¹⁸)を取得した。

統計方法

低骨密度率および60歳以上の骨密度は2009年から2019年までの10年間のデータを、和食スコアと共変量は2009年のデータを用いて分析した。解析には、人口が100万人以上で、データが利用可能な147カ国を使用した。2009年のベースライン時の特徴を調べるため、低骨密度率、60歳以上の骨密度率、共変量である社会経済指標、生活習慣指標および和食スコアの平均値、標準偏差およびパーセンタイルを算出した。2009年の和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度との関係は一般線形モデルで解析し、全ての共変数を調整した部分残差プロットによる回帰直線で示した。2009年をベースラインとして共変量で調整した、和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度の10年間の縦断的解析には線形混合モデルを用いた。さらに、和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度の年間変化率と95%信頼区間を示した。線形

混合モデルは、各国内の反復観測の依存性を考慮することで、従来の回帰分析や反復測定分析よりも適切に欠損データを扱うことができる。また、線形混合モデルのランダム効果には、各国の年別の切片と傾きを使用した。解析には、分散と傾きを不偏に推定することができる制限付き最尤法を使用した。線形混合モデルによる解析時には、低骨密度率および60歳以上の骨密度を除いた変数を中心化し、60歳以上の骨密度は g/m^2 にした。線形混合モデルは、「nlme」パッケージの「lme」関数を使って適合させた²⁴。以上の解析にはR 4.1.3を使用し²⁵、 p 値 <0.05 を有意とみなした。

【結果】

表1に2009年の低骨密度率、60歳以上の骨密度、共変量である社会経済指標(人口、GDP、高齢化率、教育年数)、生活習慣指標(喫煙率、平均BMI、身体活動量、エネルギー供給量)および和食スコアの平均値、標準偏差、パーセンタイル(分位点)を示した。低骨密度率は、5パーセンタイル値4.6%から95パーセンタイル値8.4%まで分布してした。60歳以上の骨密度は

表1 低骨密度率、60歳以上の骨密度、共変量および和食スコアの平均値、標準偏差、パーセンタイル(2009年)

	平均値	標準偏差	パーセンタイル(分位点)				
			5	25	50	75	95
低骨密度率(%)	6.0	1.2	4.6	4.9	5.7	6.8	8.4
60歳以上の平均骨密度(g/cm^2)	0.77	0.05	0.68	0.73	0.78	0.81	0.82
社会経済的指標							
人口(100万人)	55.0	180.2	1.6	4.8	11.1	33.7	151.8
GDP(1,000US\$/人/年)	11.4	16.3	0.5	1.1	4.2	12.0	47.1
高齢化率(%)	8.0	5.5	2.5	3.3	6.0	13.0	17.9
教育年数(年)	8.0	3.3	2.6	5.4	7.8	11.0	12.6
生活習慣指標							
喫煙率(%)	19.6	8.2	8.1	12.3	20.0	25.8	33.4
平均BMI(kg/m^2)	25.1	2.0	21.5	23.4	25.7	26.6	27.6
身体活動量(mets/週)	5.4	1.8	2.9	3.7	5.6	6.4	8.7
エネルギー供給量(kcal/日/人)	2823	530	2087	2433	2821	3167	3520
和食スコア	0.3	2.4	-3	-1	0	2	5

GDP; gross domestic product, BMI; body mass index

人口100万人以上である147カ国の値を示した

5パーセンタイル値0.68 (g/cm²) から95パーセンタイル値0.82 (g/cm²) まで分布していた。和食スコアは5パーセンタイル値 -3 から95パーセンタイル値 5まで幅広く分布していた。

図1は、2009年の和食スコアと低骨密度率 (A)、60歳以上の骨密度 (B) との関係を、共変数を調整した部分残差プロットによる回帰直線で示したものである。和食スコアと低骨密度率の間に有意な正の関連があり ($\beta=0.098$, SE = 0.027, $p<0.001$)、和食スコアと60歳以上の骨密度の間には有意な負の関連があった ($\beta=-3.401$, SE = 0.940, $p<0.001$)。

表2には、低骨密度率、60歳以上の平均骨密度に対する和食スコアと各共変量の固定効果の10年間の縦断解析 (2009-2019年) の結果を示した。全ての共変量を調整したモデルにおいて、和食スコアと低骨密度率の間に有意な正の関連があり ($\beta=0.103$, SE = 0.026, $p<0.001$)、和食スコアと60歳以上の骨密度の間には有意な負の関連があった ($\beta=-3.457$, SE = 0.950, $p<0.001$)。

図2には、和食スコアと年間の低骨密度率変化率 (A) および60歳以上の骨密度変化率 (B) とそれぞれの95%信頼区間を示した。低骨密度率の年間変化率は和食スコアが増えるほど上昇

し、60歳以上の骨密度の年間変化率は和食スコアが増えるほど下降した。

【考察】

本研究では、和食スコアと低骨密度率および60歳以上の骨密度との世界規模での関連について、国際データを用いて縦断的に解析した。その結果、和食スコアと低骨密度率との間には正の関連が、和食スコアと60歳以上の骨密度の間には負の関連が見られたことから、和食スコアが高いほど骨の健康に負の影響があることを示唆した。

食事パターンと骨密度の関連についての先行研究では、地中海式の食事パターン (オリーブオイル、果物、野菜、ナッツ、マメ、シリアル、魚、家禽肉、アルコールで構成される)、健康的な食事パターン (野菜と果物、家禽肉、魚、全粒穀物が多い)、牛乳/乳製品パターン (牛乳と乳製品が多い) と低骨密度のリスク低下の関連がレビューやメタアナリシス研究で報告されている^{16, 26}。このような食事パターンと和食スコアは野菜、魚、豆が多い点が共通しているが、オリーブオイル、家禽肉、牛乳と乳製品など異

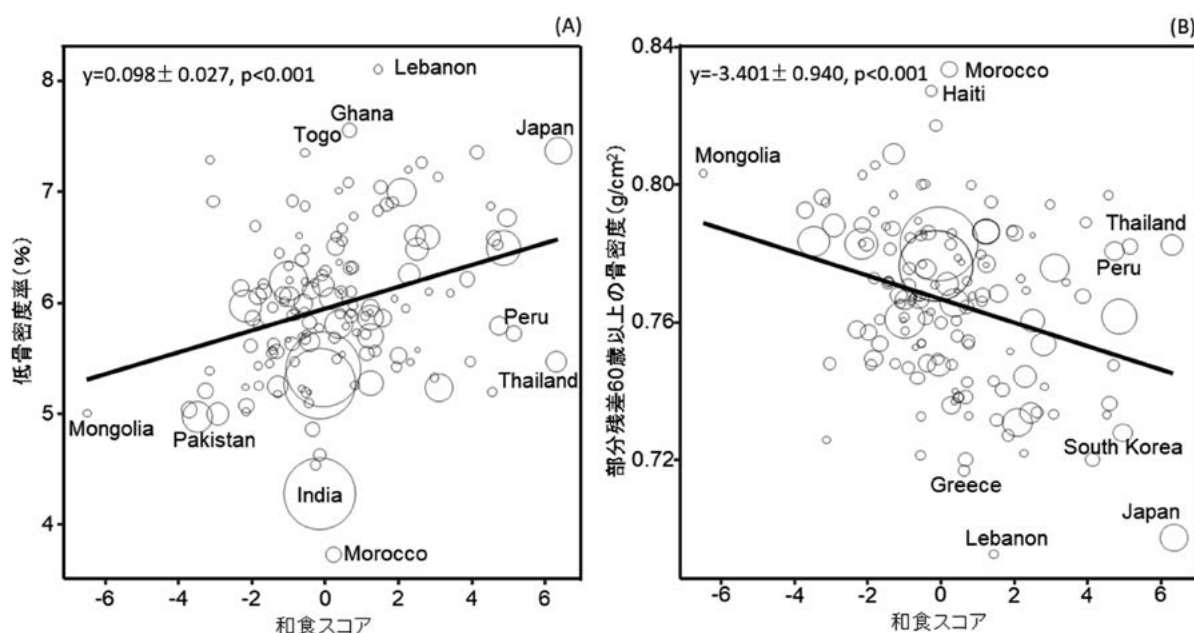


図1 2009年の和食スコアと低骨密度率 (A)、60歳以上の骨密度 (B) との関係を一般線形モデルで解析し、全ての共変量を調整した平均調整部分残差プロットによる回帰直線で示した。バブルサイズは、人口100万人以上の147カ国の人口サイズを表している。

表2 低骨密度率および60歳以上の骨密度における和食スコアと共変量の固定効果の縦断解析 (2009–2019年)

	低骨密度率(%)			60歳以上の骨密度		
	β	SE		β	SE	
(切片)	5.924	(0.057)	***	768.101	(2.048)	***
和食スコア	0.103	(0.026)	***	-3.457	(0.950)	***
年度	-0.009	(0.001)	***	0.413	(0.043)	***
GDP	0.010	(0.006)		-0.259	(0.216)	
高齢化率	-0.009	(0.021)		1.768	(0.753)	*
教育年数	-0.236	(0.038)	***	7.699	(1.358)	***
エネルギー供給量	0.203	(0.157)		-8.892	(5.680)	
喫煙率	-0.014	(0.011)		0.116	(0.383)	
身体活動量	0.138	(0.046)	**	-2.646	(1.670)	
平均 BMI	-0.057	(0.049)		3.182	(1.766)	

低骨密度率および60歳以上の骨密度を除き、各変数は中心化を行って解析した。

60歳以上の骨密度は解析時に (g/m²) にした。

GDP: gross domestic product, BMI: body mass index.

*** p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

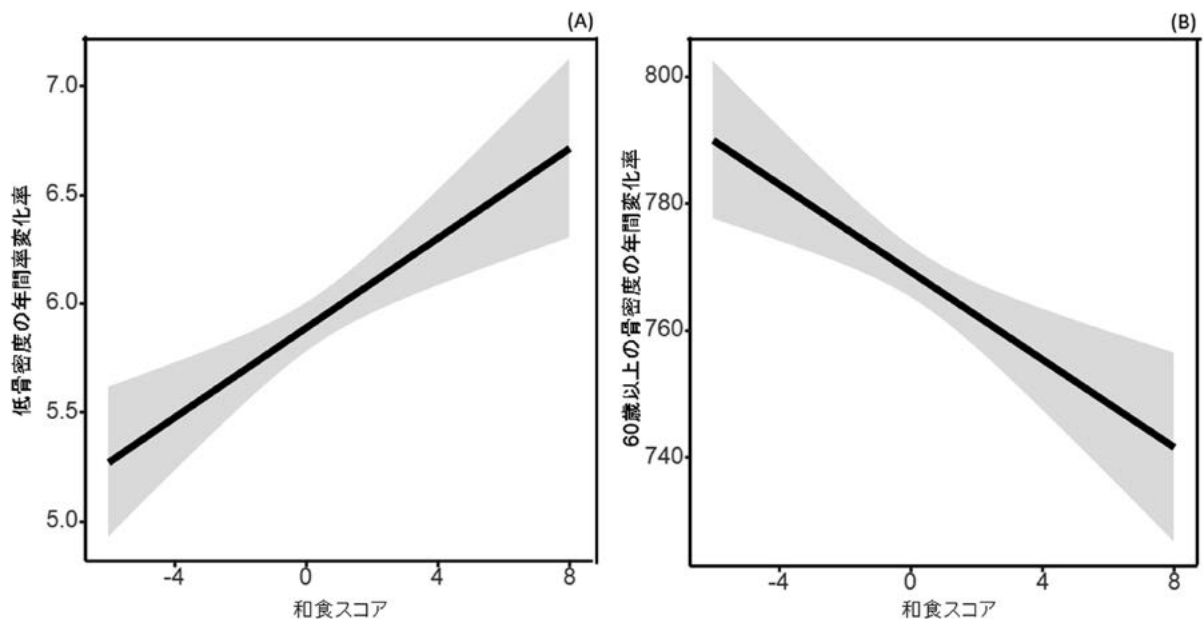


図2 和食スコアと年間の低骨密度率変化率 (A) および60歳以上の骨密度変化率 (B)。網掛け部分は95%信頼区間を示す。

なる食品構成も多い。オリーブオイルは骨折のリスク低下に関連しており²⁷、家禽肉、乳製品は骨基質の形成と維持に不可欠なことから²⁸、これらの食品が考慮されていない和食スコアと低骨密度率や60歳以上の骨密度は負の関連を示したのかもしれない。

魚摂取量が多いほど脆弱性骨折のリスクが低下すること²⁹、野菜は骨の健康に与えるカル

シウム、ビタミン K、微量元素、豆はカルシウム、たんぱく質の供給源であることから、これらの食品が骨粗鬆症予防に重要であると示唆されている³⁰。しかし、本研究の結果と同様に、野菜、海藻、大豆製品、および塩分の摂取量が多い食事パターンは日本人高齢者の骨折リスクの増加と関連していたことが報告されている³¹。カルシウム摂取量が十分であれば、たんぱく質

の摂取量が多いほど骨折のリスクが低くなる可能性が示されていることから、骨の健康のためには、和食パターンの食事にカルシウムとタンパク質を一緒に摂取することができる乳製品を取り入れることも重要かもしれない¹⁶。

本研究にはいくつかの限界点がある。第一に、本研究は国別のデータを用いた生態学研究であり、年齢や性別などの個人的な要因は考慮されておらず、個人レベルでの因果関係を証明するものではない。第二に、本研究で使用した共変量は取得可能な国際データに限られるため、人種などの取得ができなかった変数を調整すると和食スコアの β 値が変動する可能性がある。第三に、本研究では2009年の和食スコアと共変量を用いて10年間の低骨密度および60歳以上の骨密度を解析したが、これらの数値は年ごとに変化する可能性がある。第四に、本研究で用いたFAOSTATの食料供給量は、家庭内で発生する廃棄率や食べ残しを考慮できていない^{19, 20}。第五に、本研究で使用したGBD2019データは1990年から2019年まで一貫した方法で推定されているが、潜在的なバイアスが排除されていない可能性がある。以上の限界点を考慮し、結果の数値は慎重に解釈する必要がある。

以上の結果から、伝統的な和食パターンがその後10年間の世界規模での低骨密度率の上昇と60歳以上の骨密度の低下と関連していることが示唆された。今後さらに和食パターンと骨の健康の関連について明らかにしていくためには、個人の食事パターンや人種などの詳細なデータを世界的に収集して解析を行うことが必要である。

【利益相反】 本研究には申告すべき利益相反はない。

【謝辞】 本研究はJSPS 科研費 22K02194の助成を受けたものです。

【文献】

1. Ministry of Agriculture FaF, Japan. Traditional Dietary Cultures of the Japanese. <https://www.maff.go.jp/e/data/publish/attach/pdf/index-20.pdf>. Accessed 12/10, 2022.

2. Suzuki N, Goto Y, Ota H, et al. Characteristics of the Japanese Diet Described in Epidemiologic Publications: A Qualitative Systematic Review. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2018; 64 (2): 129-137.
3. Abe S, Zhang S, Tomata Y, Tsuduki T, Sugawara Y, Tsuji I. Japanese diet and survival time: The Ohsaki Cohort 1994 study. *Clin Nutr*. 2020; 39 (1): 298-303.
4. Okada E, Nakamura K, Ukawa S, et al. The Japanese food score and risk of all-cause, CVD and cancer mortality: the Japan Collaborative Cohort Study. *Br J Nutr*. 2018; 120 (4): 464-471.
5. Kurotani K, Akter S, Kashino I, et al. Quality of diet and mortality among Japanese men and women: Japan Public Health Center based prospective study. *Bmj*. 2016; 352: i1209.
6. Matsuyama S, Sawada N, Tomata Y, et al. Association between adherence to the Japanese diet and all-cause and cause-specific mortality: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Eur J Nutr*. 2021; 60 (3): 1327-1336.
7. Imai T, Miyamoto K, Sezaki A, et al. Traditional Japanese Diet Score – Association with Obesity, Incidence of Ischemic Heart Disease, and Healthy Life Expectancy in a Global Comparative Study. *J Nutr Health Aging*. 2019; 23 (8): 717-724.
8. Abe C, Imai T, Sezaki A, et al. A longitudinal association between the traditional Japanese diet score and incidence and mortality of breast cancer-an ecological study. *Eur J Clin Nutr*. 2021; 75 (6): 929-936.
9. Sanada M, Imai T, Sezaki A, et al. Changes in the association between the traditional Japanese diet score and suicide rates over 26 years: A global comparative study. *J Affect Disord*. 2021; 294: 382-390.
10. Abe C, Imai T, Sezaki A, et al. Global Association between Traditional Japanese Diet Score and All-Cause, Cardiovascular Disease, and Total Cancer Mortality: A Cross-Sectional and Longitudinal Ecological Study. *J Am Nutr Assoc*. 2022: 1-8.
11. 三成 由, 濱田 綾, 北原 詩, et al. 長期食生活調査における食事パターンの構造とその栄養素等摂取状況. 中村学園大学薬膳科学研究所研究紀要 = *Proceeding of PAMD Institute of Nakamura Gakuen University*. 2016; 8: 43-66.
12. Zhang R, Wang Z, Fei Y, et al. The Difference in Nutrient Intakes between Chinese and

- Mediterranean, Japanese and American Diets. *Nutrients*. 2015; 7 (6): 4661–4688.
13. Kanis JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. WHO Study Group. *Osteoporos Int*. 1994; 4 (6): 368–381.
 14. Salari N, Darvishi N, Bartina Y, et al. Global prevalence of osteoporosis among the world older adults: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2021; 16 (1): 669.
 15. Qu X, Huang X, Jin F, et al. Bone mineral density and all-cause, cardiovascular and stroke mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Int J Cardiol*. 2013; 166 (2): 385–393.
 16. Rizzoli R, Biver E, Brennan-Speranza TC. Nutritional intake and bone health. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2021; 9 (9): 606–621.
 17. Trichopoulou A, Costacou T, Bamia C, Trichopoulos D. Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N Engl J Med*. 2003; 348 (26): 2599–2608.
 18. Database FSD. <http://www.fao.org/faostat/> Accessed 12/7, 2022.
 19. Guidelines for the compilation of Food Balance Sheets, 2017. <http://gsars.org/wp-content/uploads/2017/10/GS-FBS-Guidelines-ENG-completo-03.pdf>. Accessed 2022/12/7.
 20. *Food balance sheets. A handbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 6–7, 2001.*
 21. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Data Resources. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>. Accessed 2022/12/7.
 22. Bank TW. World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/>. Accessed 2022/12/04.
 23. Catharine Ross CLT, Ann L Yaktine, and Heather B Del Valle. *Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2010.
 24. ‘nlme’. P. <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>. Accessed 12/12, 2022.
 25. The R Project for Statistical Computing. 2022. <https://www.r-project.org/>. Accessed 2022/12/12.
 26. Fabiani R, Naldini G, Chiavarini M. Dietary Patterns in Relation to Low Bone Mineral Density and Fracture Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr*. 2019; 10 (2): 219–236.
 27. García-Gavilán JF, Bulló M, Canudas S, et al. Extra virgin olive oil consumption reduces the risk of osteoporotic fractures in the PREDIMED trial. *Clin Nutr*. 2018; 37 (1): 329–335.
 28. Movassagh EZ, Vatanparast H. Current Evidence on the Association of Dietary Patterns and Bone Health: A Scoping Review. *Adv Nutr*. 2017; 8 (1): 1–16.
 29. Longo AB, Ward WE. PUFAs, Bone Mineral Density, and Fragility Fracture: Findings from Human Studies. *Adv Nutr*. 2016; 7 (2): 299–312.
 30. Martiniakova M, Babikova M, Mondockova V, Blahova J, Kovacova V, Omelka R. The Role of Macronutrients, Micronutrients and Flavonoid Polyphenols in the Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Nutrients*. 2022; 14 (3).
 31. Monma Y, Niu K, Iwasaki K, et al. Dietary patterns associated with fall-related fracture in elderly Japanese: a population based prospective study. *BMC Geriatr*. 2010; 10: 31.

Abstract

Association of traditional Japanese diet score with low bone density rates and bone density in people 60 years and older – a 10-year international comparative study

Chisato Abe^{1,2}, Tomoko Imai^{2,3}, Ayako Sezaki^{4,5}, Keiko Miyamoto^{2,6}
Fumiya Kawase^{5,7}, and Hiroshi Shimokata^{2,5}

Background and objective: Although traditional Japanese diet is thought to contribute to longevity and prevention of non-communicable diseases in Japanese people, calcium deficiency has been pointed out and there is concern about its association with low bone mineral density and osteoporosis. In this study, we aimed to clarify the global association between traditional Japanese diet score and low bone mineral density rate and bone mineral density at age 60 years and older, by longitudinal analysis over a 10-year period worldwide.

Methods: Traditional Japanese diet score was calculated using food groups commonly used in traditional Japanese diet (rice, fish, soybeans, vegetables, and eggs) and food groups less commonly used in traditional Japanese diet (wheat, milk, and red meat). The total score for traditional Japanese diet score ranged from -8 to 8, with higher scores indicating more in line with traditional Japanese diet. The food supply and total energy supply needed to calculate traditional Japanese diet score were obtained from the Food and Agriculture Organization of the United Nations database (FAOSTAT). Low bone density rates and bone density for people aged 60 years and older were obtained from the Global Burden of Disease (GBD) 2019 database. Population, gross domestic product (GDP) per capita, aging rate (above from World Bank database), average BMI, smoking rate, years of education, and physical activity (above from GBD database) were obtained as covariates. A linear mixed model was used to perform a 10-year longitudinal analysis of traditional Japanese diet score and low bone mineral density rates and bone mineral density over 60 years of age, adjusted for covariates, with 2009 as the baseline. The analysis included 147 countries with populations of at least 1 million for which all data were available and used a linear mixed model. The analysis included 147 countries with populations of at least 1 million for which all data were available.

Results: In the model adjusting for all covariates, there was a significant positive association between traditional Japanese diet score and low bone mineral density rate ($\beta=0.103$, $SE=0.026$, $p<0.001$) and a significant negative association between traditional Japanese diet score and bone mineral density over 60 years ($\beta=-3.457$, $SE=0.950$, $p<0.001$). The annual slope change rate in low bone mineral density increased with increasing traditional Japanese diet score, and the annual slope change rate in bone mineral density at age 60 years and older decreased with increasing traditional Japanese diet score.

Conclusions: Our results suggest that traditional Japanese dietary patterns may associated with higher rates of low bone mineral density and lower bone mineral density in people aged 60 years and older on a global scale during decade. To further clarify the relationship between Japanese dietary patterns and bone health, it is necessary to collect and analyze detailed data on individual dietary patterns and race on a global scale.

Keywords: bone mineral density, traditional Japanese diet score, global study, FAOSTAT, longitudinal study

1 Department of Food and Nutrition, Tsu City College

2 Institute of Health and Nutrition, Nagoya University of Arts and Sciences

3 Department of Food Science and Nutrition, Doshisha Women's College of Liberal Arts

4 Department of Agriculture, Ryukoku University

5 Graduate School of Nutritional Science, Nagoya University of Arts and Sciences

6 Department of Nursing, Nagoya University of Arts and Sciences

7 Asume Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives