

《原著》

和食スコアを構成する食品群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^{2, 4)}、宮本恵子^{2, 5)}、川瀬文哉^{6, 7)}、
白井禎朗^{2, 8)}、眞田正世^{2, 9)}、位田文香^{6, 10)}、杉原規恵¹¹⁾、本多利枝^{2, 5)}、
炭竈優太^{2, 12)}、野坂咲耶³⁾、下方浩史^{2, 6)}

要旨

【目的】われわれは以前、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報告したが、和食スコアを構成する各食品群と低骨密度率や60歳以上の骨密度率との関連については明らかではない。そこで本研究ではさらに解析を進め、和食スコアを構成する各食品群と低骨密度率および60歳以上の骨密度との関連について、国際データを用いた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】先行研究と同様の方法で、国際的なオープンデータベースから各国ごとのデータを取得した。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各食品群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。解析対象は全てのデータが得られた100万人以上の人口を持つ140カ国であった。

【結果】米および魚介類の食品供給量と低骨密度率の間に有意な正の関連がみられ ($\beta=0.004$, $SE=0.002$, $p<0.05$; $\beta=0.021$, $SE=0.005$, $p<0.001$)、小麦および牛乳・乳製品と低骨密度率の間には有意な負の関連がみられた ($\beta=-0.006$, $SE=0.002$, $p<0.001$; $\beta=-0.003$, $SE=0.001$, $p<0.001$)。魚介類および大豆の食品供給量と60歳以上の骨密度の間には有意な負の関連がみられ ($\beta=-0.662$, $SE=0.197$, $p<0.001$; $\beta=-4.141$, $SE=1.775$, $p<0.05$)、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉の食品供給量と60歳以上の骨密度の間に有意な正の関連がみられた ($\beta=0.138$, $SE=0.063$, $p<0.05$; $\beta=0.105$, $SE=0.025$, $p<0.001$; $\beta=0.422$, $SE=0.177$, $p<0.05$)。

【考察】伝統的な和食パターンを構成する食品群の中でも、米、魚介類および大豆の食品供給量の増加と、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉の食品供給量の減少がその後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。

キーワード：骨密度、食品群、FAOSTAT、縦断解析、生態学研究

- 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) 国立がん研究センター がん対策研究所
- 5) 名古屋学芸大学 看護学部
- 6) 名古屋学芸大学大学院 栄養科学研究科
- 7) JA 愛知県厚生連 足助病院 栄養管理室
- 8) KDDI 総合研究所
- 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) 神奈川県立保健福祉大学 保健福祉学部
- 12) 日本赤十字社愛知医療センター名古屋第一病院 栄養部

【緒言】

伝統的な和食は日本人の長寿や非感染性疾患発症抑制の要因の一つであると考えられており¹⁴⁾、国際データを使用した世界規模での解析においても、伝統的な和食パターンを反映させた和食スコアは健康寿命の延伸や非感染性疾患死亡率を抑制する可能性が示されている^{5,8)}。一方で、和食パターンはカルシウム不足による骨粗鬆症の懸念があり⁹⁾、骨粗鬆症の有病率は、日本を含むアジアで高いことも報告されている¹⁰⁾。そこで我々は、和食パターンと骨密度との関連を世界規模で明らかにすることを目的として国際データを用いた10年間の縦断解析を行い、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歳以上の骨密度との間には負の関連が見られたことを以前報告した¹¹⁾。その報告の中で、低骨密度のリスク低下との関連が報告されている地中海式等の食事パターンや、牛乳や乳製品などの骨密度に関連する食品が多いパターンと和食スコアの食品構成の違いについて考察したが、実際に和食スコアを構成する各食品群と低骨密度率や60歳以上の骨密度率との関連については解析を行っていなかった。これらの骨の健康指標に対する和食スコアを構成する各食品群の影響を世界規模で明らかにすることは、和食パターンの食事での注意すべき食品群の選択につながり、世界各国の骨の健康に関する問題を解決するための重要なエビデンスになることが期待できる。

そこで本研究ではさらに解析を進め、和食スコアを構成する各食品群と低骨密度率および60歳以上の骨密度との関連について、国際データを用いた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】

和食スコアを構成する食品群

和食スコアの算出方法は以前報告した方法¹¹⁾を用いた。本研究では、和食スコアの算出に使用した食品群の米、魚介類、大豆、野菜、卵（伝統的な和食で良く使用される食品

群）と小麦、牛乳・乳製品、赤身肉（伝統的な和食ではあまり使用されない食品群）の食品供給量（g/1,000kcal/day）を解析に用いた。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）¹²⁾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少分を除いた量であり、家庭での消費量を反映していると考えられる^{12,13)}。

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）の取得方法は既報と同じである¹¹⁾。データを取得したGlobal Burden of Disease Study（GBD）は、世界127カ国の国際共同研究として、ワシントン大学医学部に拠点を置く健康指標研究所が中心となって運営している¹⁴⁾。GBDは世界規模での包括的な疾病負担の研究であり、各疾病の死亡率などを地域や国別でデータベース化してオープンデータとして公開している。

共変量

低骨密度率および60歳以上の骨密度に関連する社会経済的指標と生活習慣指標として、既報と同様の変数を解析に用いた¹¹⁾。世界銀行のデータベース¹⁵⁾からは各国の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）および国別総人口を、GBD2019のデータベース¹⁴⁾からは教育年数、喫煙率、平均BMIおよび身体活動量を、FAOSTAT¹²⁾からはエネルギー供給量を取得した。

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、和食スコアを構成する食品群と共変量は2009年のデータを用いて、人口が100万人以上でデータが利用可能な140カ国を対象に解析した。2009年のベースライン時の特徴を調べるため、和食スコアが0以下の国とそれ以外の国に分け、和食スコアを構成する各食品群の供給量、共変量、低

骨密度率、60歳以上の骨密度の平均値と標準偏差を算出した。群間の比較には Student's t 検定を用いた。2009年をベースラインとして共変量で調整した、和食スコアを構成する各食品群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、ランダム効果には各国の年度別の切片と傾きを投入した。線形混合モデルは、従来の回帰分析や反復測定分析と比較して各国内の反復観測の依存性を考慮しているため、適切に欠損データを扱うことができることから用いることにした。また解析には、観測されたデータから尤度が最大となるパラメータを決定する方法であ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、以前と同様に目的変数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」関数を使用した¹⁶⁾。以上の解析には R 4.3.2¹⁷⁾ を使用し、p 値 <0.05 を有意とみなした。

【結果】

和食スコアが0以下の国（低スコア群）とそれ以外の国（高スコア群）に群分けし、和食スコアを構成する各食品群、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、エネルギー供給量、平均 BMI、身体活動量）、目的変数（低骨密度率、60歳以上の骨密度）の平均値および標準偏差を表1に示した。高スコア群は低スコア群に比べて、米、魚介類、大豆の食品供給量が多く、小麦、牛乳・乳製品、赤身肉、卵の食品供給量が少なかった。社会経済的指標において、高スコア群は低スコア群に比べて、GDP、高齢化率が低く、教育年数が少なかった。生活習慣指標において、高スコア群は低スコア群に比べて、喫煙率、エネルギー供給量、平均 BMI が低かった。目的変数において、高スコア群は低スコア群に比べて、低骨密度率は高く、60歳以上の骨密度は低かった。

Table1. Characteristics of countries with low and high traditional Japanese diet score in 2009

	Countries with low scores		p-Value*
	n=76	n=64	
Component Food Groups of Scores			
Rice (g/1000 kcal/day)	9.23 (13.84)	55.24 (48.92)	<0.001
Fish (g/1000 kcal/day)	9.11 (7.79)	18.13 (13.26)	<0.001
Soybeans (g/1000 kcal/day)	0.18 (0.59)	0.97 (1.66)	<0.001
Vegetables (g/1000 kcal/day)	30.25 (25.68)	26.74 (21.46)	0.385
Wheat (g/1000 kcal/day)	76.45 (39.60)	41.44 (36.35)	<0.001
Milk (g/1000 kcal/day)	258.65 (113.97)	99.71 (84.16)	<0.001
Red Meat (g/1000 kcal/day)	33.35 (14.60)	19.39 (13.54)	<0.001
Eggs(g/1000 kcal/day)	12.38 (7.36)	9.27 (8.04)	0.019
Socioeconomic variables			
Population (million)	27.18 (48.39)	69.81 (222.74)	0.107
GDP (1000 US\$/capita)	15.31 (19.20)	6.80 (10.40)	0.002
Aging rate (%)	10.15 (5.86)	5.42 (3.81)	<0.001
Education (years)	9.31 (3.22)	6.38 (2.74)	<0.001
Life style variables			
Smoking (%)	22.97 (8.29)	15.87 (6.57)	<0.001
Energy supply (kcal/day)	3.29 (0.65)	2.87 (0.67)	<0.001
Mean BMI (kg/m^2)	25.57 (1.66)	24.48 (2.23)	0.001
Physical activity (1,000 MET·min/week)	5.27 (1.54)	5.72 (2.04)	0.144
Objective Variables			
Low bone density rate(%)	5.37 (0.92)	6.69 (1.15)	<0.001
Average bone density over 60 years old(g/m^2)	787.94 (37.31)	739.37 (39.55)	<0.001

Scores of 0 or less were labeled "Countries with low scores" and all others were labeled "Countries with high scores".

Data were mean (standard deviation). GDP: Gross Domestic Product, BMI: Body Mass Index.

*Student's t test

表2には、低骨密度率に対する和食スコアを構成する食品群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、米および魚介類の食品供給量と低骨密度率の間に有意な正の関連がみられ（ $\beta=0.004$ 、 $SE=0.002$ 、 $p<0.05$ ； $\beta=0.021$ 、 $SE=0.005$ 、 $p<0.001$ ）、小麦および牛乳・乳製品と低骨密度率の間には有意な負の関連がみられた（ $\beta=-0.006$ 、 $SE=0.002$ 、 $p<0.001$ ； $\beta=-0.003$ 、 $SE=0.001$ 、 $p<0.001$ ）。

表3には、60歳以上の骨密度に対する和食スコアを構成する食品群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、魚介類および大豆の食品供給量と60歳以上の骨密度の間には有意な負の関連がみられ（ $\beta=-0.662$ 、 $SE=0.197$ 、 $p<0.001$ ； $\beta=-4.141$ 、

$SE=1.775$ 、 $p<0.05$ ）、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉の食品供給量と60歳以上の骨密度の間に有意な正の関連がみられた（ $\beta=0.136$ 、 $SE=0.063$ 、 $p<0.05$ ； $\beta=0.105$ 、 $SE=0.025$ 、 $p<0.001$ ； $\beta=0.422$ 、 $SE=0.177$ 、 $p<0.05$ ）。

【考察】

本研究では和食スコアを構成する各食品群と低骨密度率および60歳以上の骨密度との関連について、国際データを用いた10年間の縦断解析を行った。その結果、米および魚介類の食品供給量と低骨密度率に正の関連がみられ、小麦、牛乳・乳製品と低骨密度率に負の関連がみられた。一方、魚介類および大豆の食品供給量と60歳以上の骨密度に負の関連がみられ、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉の食品供給量と60歳以

Table2. Main effects of food groups and covariates on low bone mineral density rates in a linear mixed model: a 10-year longitudinal analysis

	Rice		Fish		Soybeans		Vegetables	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
(Intercept)	5.934	(0.059) ***	5.934	(0.057) ***	5.934	(0.059) ***	5.934	(0.060) ***
Food groups	0.004	(0.002) *	0.021	(0.005) ***	0.089	(0.050)	-0.001	(0.003)
Year	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***
GDP	0.012	(0.006)	0.009	(0.006)	0.014	(0.006) *	0.013	(0.007)
Aging rate	-0.012	(0.022)	-0.021	(0.021)	-0.020	(0.022)	-0.021	(0.023)
Education	-0.232	(0.039) ***	-0.251	(0.038) ***	-0.253	(0.040) ***	-0.240	(0.040) ***
Smoking	-0.022	(0.011) *	-0.018	(0.011)	-0.018	(0.011)	-0.018	(0.011)
BMI	-0.058	(0.052)	-0.035	(0.051)	-0.054	(0.054)	-0.081	(0.052)
Physical activity	0.142	(0.048) **	0.157	(0.046) ***	0.166	(0.048) ***	0.157	(0.050) **
Energy	0.152	(0.148)	0.112	(0.144)	0.149	(0.149)	0.167	(0.152)
	Eggs		Wheat		Milk		Meat	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
(Intercept)	5.934	(0.060) ***	5.934	(0.057) ***	5.934	(0.056) ***	5.934	(0.059) ***
Food groups	-0.007	(0.011)	-0.006	(0.002) ***	-0.003	(0.001) ***	-0.009	(0.005)
Year	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***	-0.009	(0.001) ***
GDP	0.013	(0.006) *	0.007	(0.006)	0.018	(0.006) **	0.015	(0.006) *
Aging rate	-0.018	(0.023)	-0.032	(0.022)	-0.002	(0.022)	-0.019	(0.022)
Education	-0.239	(0.040) ***	-0.204	(0.039) ***	-0.230	(0.037) ***	-0.233	(0.040) ***
Smoking	-0.018	(0.011)	-0.011	(0.011)	-0.017	(0.010)	-0.014	(0.011)
BMI	-0.077	(0.052)	-0.073	(0.049)	-0.043	(0.049)	-0.085	(0.051)
Physical activity	0.163	(0.048) **	0.101	(0.049) *	0.150	(0.045) **	0.154	(0.048) **
Energy	0.182	(0.154)	0.193	(0.144)	0.225	(0.142)	0.174	(0.149)

SE: Standard Error, GDP: Gross Domestic Product, BMI: Body Mass Index.

*** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$.

Table3. Main effects of food groups and covariates on bone mineral density at age 60 years and older in a linear mixed model: a 10-year longitudinal analysis

	Rice		Fish		Soybeans		Vegetables	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
(Intercept)	767.637	(-2.162) ***	767.637	(-2.090) ***	767.637	(-2.131) ***	767.637	(-2.176) ***
Food groups	-0.082	(-0.064)	-0.662	(-0.197) ***	-4.141	(-1.775) *	-0.043	(-0.098)
Year	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***
GDP	-0.345	(-0.229)	-0.248	(-0.223)	-0.411	(-0.225)	-0.407	(-0.236)
Aging rate	1.872	(-0.817) *	2.030	(-0.778) *	1.978	(-0.795) *	2.044	(-0.812) *
Education	7.698	(-1.439) ***	8.182	(-1.382) ***	8.392	(-1.425) ***	8.016	(-1.455) ***
Smoking	0.380	(-0.407)	0.317	(-0.388)	0.312	(-0.396)	0.290	(-0.404)
BMI	3.277	(-1.905)	2.308	(-1.850)	2.511	(-1.916)	3.780	(-1.873) *
Physical activity	-3.158	(-1.769)	-3.473	(-1.677) *	-3.851	(-1.717) *	-3.751	(-1.788) *
Energy	-6.309	(-5.419)	-4.955	(-5.252)	-5.864	(-5.347)	-6.372	(-5.474)
	Eggs		Wheat		Milk		Meat	
	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)	β	(SE)
(Intercept)	767.637	(-2.168) ***	767.637	(-2.132) ***	767.637	(-2.049) ***	767.637	(-2.132) ***
Food groups	0.446	(-0.386)	0.136	(-0.063) *	0.105	(-0.025) ***	0.422	(-0.177) *
Year	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***	0.407	(-0.043) ***
GDP	-0.360	(-0.228)	-0.242	(-0.234)	-0.532	(-0.218) *	-0.454	(-0.226) *
Aging rate	1.887	(-0.824) *	2.274	(-0.807) **	1.341	(-0.782)	1.941	(-0.795) *
Education	7.717	(-1.442) ***	7.068	(-1.463) ***	7.460	(-1.356) ***	7.458	(-1.421) ***
Smoking	0.308	(-0.402)	0.131	(-0.405)	0.275	(-0.380)	0.127	(-0.402)
BMI	3.493	(-1.880)	3.640	(-1.844)	2.496	(-1.789)	3.942	(-1.836) *
Physical activity	-3.712	(-1.743) *	-2.263	(-1.824)	-3.247	(-1.645)	-3.279	(-1.716)
Energy	-7.989	(-5.543)	-6.942	(-5.369)	-8.693	(-5.149)	-7.114	(-5.341)

SE: Standard Error, GDP: Gross Domestic Product, BMI: Body Mass Index.

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

上の骨密度に正の関連がみられた。以上の結果から、和食スコアを構成する食品群の中でも、米、魚介類および大豆は骨の健康に負の影響が、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉は骨の健康に正の影響があることを示唆した。

本研究で低骨密度率や60歳以上の骨密度と関連がみられた牛乳・乳製品と骨の健康に関する系統的レビューやメタアナリシス研究において、牛乳や乳製品の摂取は股関節骨折リスクが低いことや、年代や人種別の研究は少ないものの、健康的な食習慣パターンの一部として低脂肪または無脂肪乳製品を毎日摂取することは全身および一部の骨密度の改善と関連し、高齢者における骨折の減少に関連する可能性があることが報告されており、本研究の結果と一致する^{18, 19)}。一方で、牛乳や乳製品の摂取量は骨粗鬆症および股関節骨折のリスクと関連しないという報告もある²⁰⁾。乳製品の中でもヨーグルト

とチーズの摂取は股関節骨折のリスク低下と関連するが、全乳製品およびクリームは股関節骨折リスクと関連はなく、牛乳摂取と股関節骨折リスクとの関連を推論するには十分なエビデンスがないと報告されている²¹⁾。このように牛乳や乳製品と骨の健康との関連について一貫性のない結果が報告されているのは、研究によって乳製品の定義や骨折部位が異なるからかもしれない。

本研究で低骨密度率や60歳以上の骨密度と関連がみられた魚介類や大豆と骨の健康に関する系統的レビューやメタアナリシス研究において、魚や魚介類に多く含まれるn-3系多価不飽和脂肪酸の摂取は股関節骨折のリスクを低下させる可能性があること²²⁾や、大豆イソフラボンが閉経後の女性の骨量減少を遅らせるのに有効であることが報告されており²³⁾、本研究の結果と異なる。骨密度低下や骨粗鬆症リスクと魚介

類の摂取量との関連は国や年代によって異なっていたり、研究対象者が閉経後の女性に偏っていたりすることから^{20, 24, 25)}、本研究のような国を対象とした生態学研究と先行研究とは結果が異なったのかもしれない。

米、小麦および赤身肉は食事パターンを構成する（あるいはほとんど含まない）食品群の1つとして骨の健康との関連について報告されているため、骨の健康に及ぼすこれらの食品単独での影響については明らかではない^{26, 27)}。実際の食事では、単独の食品のみを摂取するのではなく、様々な食品を組み合わせた食事パターンとして摂取するため、これらの単独食品と骨の健康に関する一致した見解を出すのは難しいのかもしれない。以前報告したように、骨の健康のためには、カルシウムをはじめとするミネラル、たんぱく質、果物や野菜が多い地中海食パターンや健康的な食事パターン、和食パターンに乳製品を強化するなどの食事が重要であると考えられる^{11, 25, 28)}。

本研究には、結果を解釈する際に考慮すべきいくつかの限界がある。本研究は生態学的誤謬の可能性がある。国別データは国際的なデータベースから得られたものであり、個人レベルでの因果関係を示すことはできない。また、利用可能な国際的データに含まれる共変量についてのみ調整されているため、国際的データにない未知の変数は考慮されていない。しかし、本研究で用いた国際データは、世界のほとんどの国について標準化された方法と推定量を用いた包括的な推定値を提供しているため、各国が独自に収集した方法で発表したデータと比較して一般化することが可能である。本研究では10年間の低骨密度率および60歳以上の骨密度の低下を評価するために2009年の各食品群供給量と共変量を用いたが、これらの指標は毎年変化する可能性がある。一方、本研究の強みは、世界140カ国のビッグデータを解析して、和食パターンを構成する食品群と低骨密度率および60歳以上の骨密度の低下との関連を示したことである。本研究の結果は、食生活の改善によって世界各国が直面している骨の健康に関する問題を解決するための重要なエビデンスを提供するものであ

る。

以上の結果から、伝統的な和食パターンを構成する食品群の中でも、米、魚介類および大豆の食品供給量の増加と、小麦、牛乳・乳製品および赤身肉の食品供給量の減少がその後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。和食パターンは健康寿命の延伸や非感染症疾患死亡率に良い影響を与えるため^{6, 8)}、世界のさまざまな食文化において、和食パターンの食事に骨の健康に良いとされる食品を取り入れていくことで、低骨密度率および60歳以上の骨密度の低下を改善させる可能性が期待できる。

【利益相反】本研究では申告すべき利益相反はありません。

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

【引用文献】

1. Abe S, Zhang S, Tomata Y, Tsuduki T, Sugawara Y, Tsuji I. Japanese diet and survival time: The Ohsaki Cohort 1994 study. *Clin Nutr.* Feb 14 2019; doi: 10.1016/j.clnu.2019.02.010
2. 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.* Aug 2018; 120(4): 464–471. doi: 10.1017/s000711451800154x
3. 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.* Mar 22 2016; 352: i1209. doi: 10.1136/bmj.i1209
4. 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.* Apr 2021; 60(3): 1327–1336. doi: 10.1007/s00394-020-02330-0
5. 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.* Nov 1 2021;

- 294: 382–390. doi: 10.1016/j.jad.2021.07.020
6. 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.* Oct 11 2023; 42: 660-667. doi: 10.1080/27697061.2022.2130472
 7. 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.* Jun 2021; 75(6): 929–936. doi: 10.1038/s41430-020-00847-5
 8. 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. doi: 10.1007/s12603-019-1219-5
 9. 三成由美, 濱田綾子, 北原詩子, 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.* 2016–02 2016; 8: 43–66.
 10. 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.* Nov 13 2021; 16(1): 669. doi: 10.1186/s13018-021-02821-8
 11. 阿部雅里, 今井具子, 瀬崎彩也子, et al. 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. 名古屋学芸大学健康・栄養研究所年報. 2022–12 2022; (14): 1–8. doi: 10.15073/00001727
 12. Database FSD. Accessed 12/7, 2022. <http://www.fao.org/faostat/>
 13. *Food balance sheets. A handbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 6–7, 2001.* Accessed 2022/12/7. <http://www.fao.org/3/a-x9892e.pdf>
 14. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Data Resources. Accessed 2022/12/7. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-2019>
 15. Bank TW. World Bank Open Data. Accessed 2022/12/04, <https://data.worldbank.org/>
 16. ‘nlme’. P. Accessed 12/12, 2022. <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>
 17. Foundation TR. The R Project for Statistical Computing. Accessed 2022/12/12. <https://www.r-project.org/>
 18. Wallace TC, Bailey RL, Lappe J, et al. Dairy intake and bone health across the lifespan: a systematic review and expert narrative. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2021; 61(21): 3661-3707. doi: 10.1080/10408398.2020.1810624
 19. Hidayat K, Du X, Shi BM, Qin LQ. Systematic review and meta-analysis of the association between dairy consumption and the risk of hip fracture: critical interpretation of the currently available evidence. *Osteoporos Int.* Aug 2020; 31(8): 1411–1425. doi: 10.1007/s00198-020-05383-3
 20. Malmir H, Larijani B, Esmailzadeh A. Consumption of milk and dairy products and risk of osteoporosis and hip fracture: a systematic review and Meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2020; 60(10): 1722–1737. doi: 10.1080/10408398.2019.1590800
 21. Bian S, Hu J, Zhang K, Wang Y, Yu M, Ma J. Dairy product consumption and risk of hip fracture: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.* Jan 22 2018; 18(1): 165. doi: 10.1186/s12889-018-5041-5
 22. Sadeghi O, Djafarian K, Ghorabi S, Khodadost M, Nasiri M, Shab-Bidar S. Dietary intake of fish, n-3 polyunsaturated fatty acids and risk of hip fracture: A systematic review and meta-analysis on observational studies. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2019; 59(8): 1320–1333. doi: 10.1080/10408398.2017.1405908
 23. Barańska A, Kanadys W, Bogdan M, et al. The Role of Soy Isoflavones in the Prevention of Bone Loss in Postmenopausal Women: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med.* Aug 10 2022; 11(16) doi: 10.3390/jcm11164676
 24. Choi E, Park Y. The Association between the Consumption of Fish/Shellfish and the Risk of Osteoporosis in Men and Postmenopausal Women Aged 50 Years or Older. *Nutrients.* Feb 25 2016; 8(3): 113. doi: 10.3390/nu8030113
 25. 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.* Mar 1 2019; 10(2): 219–236. doi: 10.1093/advances/nmy073
 26. Movassagh EZ, Vatanparast H. Current Evidence

-
- on the Association of Dietary Patterns and Bone Health: A Scoping Review. *Adv Nutr.* Jan 2017; 8(1): 1–16. doi: 10.3945/an.116.013326
27. Andreo-López MC, Contreras-Bolívar V, García-Fontana B, García-Fontana C, Muñoz-Torres M. The Influence of the Mediterranean Dietary Pattern on Osteoporosis and Sarcopenia. *Nutrients.* Jul 20 2023; 15(14) doi: 10.3390/nu15143224
28. Rizzoli R, Biver E, Brennan-Speranza TC. Nutritional intake and bone health. *Lancet Diabetes Endocrinol.* Sep 2021; 9(9): 606–621. doi: 10.1016/s2213-8587(21)00119-4

Abstract

Association of Food Groups Composing the Traditional Japanese Diet Score with Low Bone Density and Bone Density at Age 60 and Older - A 10-Year International Comparative Study

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

Background and objective: We previously reported that traditional Japanese dietary patterns were associated with higher rates of low bone mineral density and lower bone mineral density at age 60 years and older worldwide. However, the associations of each food group comprising the traditional Japanese diet score with low bone mineral density and bone mineral density at age 60 years and older are remain unclear. Therefore, the aim of the present study was to clarify the associations of each food group comprising the traditional Japanese diet score with low bone mineral density and bone mineral density at age 60 years and older by longitudinal analysis over a 10-year longitudinal analysis using international data.

Methods: We obtained country-specific data from international open databases using the same methods as in previous studies. A linear mixed model was used to perform a 10-year longitudinal analysis of each food group and rates of low bone mineral density and bone mineral density at age 60 years and older, adjusted for covariates, with 2009 as the baseline. The analysis included 140 countries with populations of at least 1 million for which complete data were available.

Results: There was a significant positive association between food supplies of rice, seafood food and low bone mineral density rates, and a significant negative association between food supplies of wheat, milk/dairy products, and low bone mineral density rates. There was a significant negative association between food supplies of seafood, soybeans and bone mineral density at age 60 years and older, and a significant positive association between food supplies of wheat, milk/dairy products, red meat and bone mineral density age 60 years and older.

Discussion: These results suggest that increased food supplies of rice, seafood, and soybeans and decreased food supplies of wheat, milk/dairy products, and red meat are associated with higher rates of low bone mineral density, and lower bone mineral density at age 60 years and older worldwide.

Key word: bone density, food groups, FAOSTAT, longitudinal analysis, ecological studies

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 National Cancer Center Japan

5 Department of Nursing, Nagoya University of Arts and Sciences

6 Department of Nutrition, Asuke Hospital Aichi Prefectural Welfare Federation of Agricultural Cooperatives

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