

都市近郊在住の高齢女性における 骨密度と栄養摂取の関連

湯川 晴美* 鈴木 隆雄* 柴田 博^{2*}
天野 秀紀^{2*} 芳賀 博^{3*} 安村 誠司^{4*}

都市部の在宅高齢女性を対象に骨密度と栄養摂取の関連を検討した。骨密度はDXA法により第3腰椎側面を測定し、つづいて3日間の留め置き食物記録法により栄養調査を行った。両方の調査を受診できた65歳から79歳までの高齢女性、計89人を対象とした。本研究は東京都老人総合研究所学際的縦断研究プロジェクト「中年からの老化予防総合的長期追跡研究」のベースライン調査より行った。

1. 骨密度は、平均値が0.489、最小値0.152、最大値0.829の範囲にあり正規分布を示した。骨密度は年齢とともに低下がみられ、年齢間で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。
2. エネルギー、たんぱく質、脂質、カルシウム、ビタミン類は栄養所要量 (70~74歳、生活活動強度軽い) を上回って摂取していた。食品群別摂取量は、国民栄養調査成績 (女、70歳以上) とくらべ、乳・乳製品、油脂類、魚の摂取量が多く、いも類が少ない他は同様な傾向であった。
3. 日本人栄養所要量の対象者別区分の高齢者2を参考に、摂取目標量を上回っている群とそうでない群の2群に分けそれぞれの骨密度値をみると、エネルギー、たんぱく質、脂質、ビタミンB₁、ビタミンB₂との間に有意な差がみられ ($p < 0.05$)、摂取目標量を満たしている群では骨密度が高かった。骨密度に与えるそれぞれの栄養素の寄与の程度を明らかにするために、目的変数を骨密度、説明変数にはそれぞれの栄養素、共変量に年齢、BMIとし、共分散分析モデルを用いて検討した。その結果、脂質、ビタミンB₁、ビタミンB₂は骨密度に有意な正の影響を与えていた ($p < 0.05$)。
4. 栄養素に対応した食品群別摂取目標量を参考に対象者を各食品毎、2群の摂取量群に分け、骨密度値をみると、卵、肉、大豆製品、淡色野菜、いも類、油脂類においては目標量を越えている群では、骨密度が高い傾向を示し、なかでも卵、肉の摂取と骨密度との間には有意な関連がみられた ($p < 0.05$)。年齢、BMIの影響を補正したうえでそれぞれの食品が骨密度に与える寄与の程度を明らかにするために共分散分析を用いて検討した結果、肉類が骨密度に有意な正の影響を与えていた。
5. 個人における食生活全体のバランスを考慮し、1人当たりの摂取食品数を求め、摂取食品数レベル別の骨密度を比較した。低摂取食品数群 (25食品数以下) は、最も低値を示し、摂取食品数が多くなるにつれ、骨密度は高値を示した。低摂取食品数群と高摂取食品数群 (38食品数以上) との間で骨密度の平均値に有意な差がみられた ($p < 0.05$)。

これらの結果は、いくつかの先行研究と同様、高齢期にあっても適正な栄養摂取が骨密度の減少を予防し、ひいては骨粗鬆症や骨折を減少する手立ての一助となる可能性を示していると考えられた。

Key words : 高齢女性, 骨密度, 栄養素摂取量, 食品群別摂取量, 摂取食品数

* 東京都老人総合研究所疫学部門

^{2*} 東京都老人総合研究所地域保健部門

^{3*} 北海道医療大学看護福祉学科

^{4*} 山形大学医学部公衆衛生学

連絡先: 〒173-0015 東京都板橋区栄町35-2

東京都老人総合研究所疫学部門 湯川晴美

I はじめに

骨粗鬆症は、「閉経後の女性あるいは高齢者において骨量が減少して骨折しやすくなっている状態」と定義され¹⁾、骨粗鬆症は、骨量の減少をはじめ、結合組織の減少、疲労による骨梁の損傷などの要因が骨全体の脆弱化をもたらし、ひいては骨折を招くことが知られている^{2,3)}。これらの要因には栄養上の問題が関与しており、とくに骨量の減少には、カルシウム、ビタミンD、たんぱく質などの栄養素の不足が影響している^{2,4,5)}。将来の高齢社会にむけて、栄養学的視点から、骨量を減少させないための対策を確立していくことは重要である。

骨粗鬆症の予防には、栄養、運動などのライフスタイルが重要であり、中でも十分なカルシウム摂取は骨密度を高めることが確認されている⁶⁻¹⁰⁾。しかし、それらの研究は、後ろ向きコホートによる若年時のカルシウム摂取がその後の骨密度に影響を与えるというものや、平均のカルシウム摂取量が1,000 mgを超えるような集団での調査研究である。また、乳・乳製品が50%を越えるような欧米の食生活と異なり、日本ではカルシウムの食品源として牛乳のみならず、野菜、豆類、魚介類、穀類、卵、海藻など様々な食品から構成されており、欧米の結果が日本の高齢者にはそのまま当てはまるとは必ずしも考えることはできない。

骨密度と栄養摂取の関連に関して、国と国との比較、カルシウム摂取量に差のある地域間の比較など inter-population の観察では、カルシウムやたんぱく質の摂取量の多い地域では骨粗鬆症が少なく、逆にこれら栄養素の摂取量の少ない地域では骨粗鬆症が多いことが報告されている⁸⁻¹⁰⁾、intra-population で観察した調査は、諸外国において骨密度と栄養摂取との間に一致した見解が得られていない^{6,7,11-16)}。また、わが国では高齢者を対象とした骨密度と栄養摂取との関連についての研究は横断的にせよ縦断的にせよほとんどなされていないのが現状である。

本研究は、骨粗鬆症の予防方法を検討することを目的として、都市部の地域在住の高齢女性を対象に骨密度を測定し、連続3日間の食物記録法を用いた栄養調査によって求めた食品群別摂取量、栄養素摂取量および摂取食品数と骨密度との関連

を検討したので報告する。

II 対象と方法

1. 調査地区と対象

調査地区は東京都の西郊外にある小金井市である。この地域は典型的な住宅地で、住民の大部分は第3次産業に就業し、なかでも事務、販売、専門的・技術的従業者が多い。住民の健康状態は優れており、東京の他の地域との年齢調整死亡率による比較でも最も死亡率の低い地域に属している。1975年から、小金井市と当研究所とが共同で地域老人の老化に関する総合調査が実施されているが、本研究は其中で1991年から開始された東京都老人総合研究所学際的縦断研究プロジェクト「中年からの老化予防総合的長期追跡研究」のベースライン調査¹⁷⁾により行われた。

本研究の対象者は1991年9月に実施した総合的医学健康調査のなか、訪問による面接聞き取り調査および会場で行った医学的調査の両方を受診し、さらに栄養調査を実施し得た女性89人（平均年齢70.9歳、年齢巾65～79歳）である。会場での医学的調査には、身体計測、問診、検尿、血圧測定、心電図検査、血液生化学検査、内科的診察、骨密度等の測定を実施し、栄養調査は総合的医学健康調査が終了後ただちに行った。

2. 調査項目

骨密度の測定は、二重エネルギー X 線吸収法 (Dual energy X-ray Absorptionmetry: DXA 法) を用い、検診車搭載型測定装置 (Hologic QDR-1000W) を使用した。この DXA 法装置は、当初から集団検診時での多人数の処理や検診に必要な機動性を目的としているため、検診車搭載型に製作したものである。骨密度測定装置には、現在様々なタイプが開発されているが、DXA 法は安全性が高く精度も高いなど、現在のわが国の最もスタンダードな機種となっている。今回の調査では、骨密度の測定部位は第3腰椎側面像で行った。これは再現性ではやや劣るものの、高齢者によく認められる変形性脊椎症や椎間関節症あるいは腹部大動脈石灰化などの、他の骨密度に影響を与える因子を排除することが可能であるためである。

栄養調査は、3日間の留め置きによる食物記録法を用いた。この方法は個人についての調査であ

り、対象者には、事前に食事記録票を渡し、指定日の食事内容と目安量を記入させ、栄養士が1日毎3日間連続して各戸を訪問し食事状況を確認した。調査日は祝祭日や冠婚葬祭などのある日を避けて週日の普通の食事状態にある3日間を選んだ。あらかじめ対象者には協力を得るため栄養調査の趣旨と記入方法を説明し調査参加の同意を得て調査を行った。食品の摂取量は、実物大写真、スケール、計量スプーン等を利用して食事内容の再確認および記入漏れや誤り等のチェックを行い、食品のかさ、あるいは1枚、1皿、1切れ等の食品の目安量から摂取重量を求め、これより1人1日当たりの栄養素摂取量ならびに食品群別摂取量を算出した。献立と使用材料からは摂取食品数を求めた。

3. 解析の方法

個人毎に作成された食物摂取記録票から摂取食品の重量を求め、EIPAC（東京大学大型計算機センタープログラムライブラリー）を利用して栄養素および食品群別摂取量の算出を行った。統計の解析にはSPSS統計パッケージを利用した。年齢と骨密度、身体計測、血液値の関係、栄養素あるいは食品群別摂取量の年齢グループ間での差の検定には共分散分析を用いた。骨密度と栄養素ならびに食品摂取の関連の検討では、日本人の栄養所要量第5次改定により、所要量に対応した食品群別摂取量（食品構成）¹⁸⁾の高齢者2（目標栄養量：エネルギー1,600 kcal、たんぱく質60 g、脂肪エネルギー比20-25%、食品摂取目標量（g）：

乳・乳製品200、卵40、魚55、肉40、大豆製品85、緑黄色野菜100、淡色野菜200、いも類40、油脂類15）を本対象に当てはめ、摂取目標量を満たしている群とそうでない群で、骨密度の平均値を比較した。さらに、目的変数を骨密度、説明変数はそれぞれの各栄養素ならびに食品とし、共変量には年齢、BMIを用いた共分散分析を行った。摂取食品数レベルの骨密度値の差の検定にはt-testを用いた。

本研究では、高齢期の女性において、適正な食生活は骨密度を高めているのかどうかを検討し地域の保健活動に役立てることを主旨にしていることから、日常の食生活に導入しやすい食品構成の区分別給与目標栄養量¹⁸⁾より高齢者2を用いて解析を行った。

III 結 果

1. 対象者の骨密度、身体計測、血液生化学値の平均値

表1は、対象者の骨密度、身長、体重、BMI、血清カルシウム、血清総コレステロール、血清アルブミン、ヘモグロビンを年齢グループに分け、平均値と標準偏差を示している。これらは年齢にしたがい低下傾向にあったが、骨密度には年齢群間で有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。骨密度の分布を図1でみると、正規分布を示し、平均値は0.489、最小値0.152、最大値0.829の範囲にあった。

表1 年齢別の骨密度、身体計測値、血液生化学値の平均値

	65-69歳	70-74歳	75-79歳	全体	F 値 ^{a)}
	N=37	N=30	N=22	N=89	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
骨密度 (g/cm ²)	0.514 ± 0.115	0.500 ± 0.100	0.431 ± 0.110	0.489 ± 0.113	4.20*
身長 (cm)	149.6 ± 5.6	148.5 ± 5.9	146.2 ± 5.8	148.4 ± 5.8	2.45
体重 (Kg)	51.9 ± 10.1	50.5 ± 6.2	47.5 ± 8.5	50.3 ± 8.6	1.86
BMI (kg/m ²)	23.2 ± 4.4	22.9 ± 2.5	22.2 ± 3.5	22.8 ± 3.6	0.53
血清カルシウム (g/dl)	9.39 ± 0.36	9.28 ± 0.32	9.32 ± 0.40	9.34 ± 0.36	0.84
血清コレステロール (mg/dl)	230.3 ± 23.8	229.2 ± 35.4	219.8 ± 45.9	227.3 ± 34.2	0.72
血清アルブミン (g/dl)	4.30 ± 0.31	4.28 ± 0.24	4.21 ± 0.27	4.27 ± 0.28	0.76
ヘモグロビン (g/dl)	13.0 ± 1.4	13.0 ± 1.0	12.9 ± 1.4	13.0 ± 1.2	0.08

a) 共分散分析による年齢グループ間における差, * $p < 0.05$

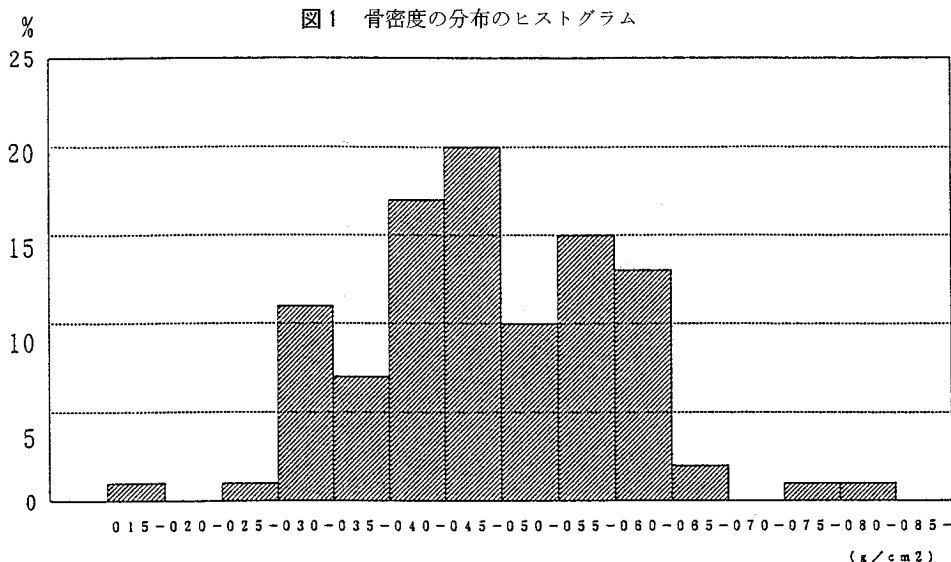


表2 年齢別、栄養素摂取量の平均値

栄養素	65-69歳	70-74歳	75-79歳	全体	F値 ^{a)}
	N=37	N=30	N=22	N=89	
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
エネルギー kcal	1,738 ± 333	1,719 ± 413	1,597 ± 364	1,697 ± 381	1.02
たんぱく質 g	68.9 ± 15.9	68.4 ± 17.7	60.0 ± 13.1	66.5 ± 16.2	3.19
脂質 g	55.1 ± 16.1	53.9 ± 18.0	44.2 ± 16.5	52.0 ± 17.3	3.21*
カルシウム mg	673 ± 236	620 ± 232	508 ± 216	615 ± 236	3.57*
鉄 g	10.2 ± 2.6	10.3 ± 2.9	8.9 ± 2.2	9.9 ± 2.7	2.23
ビタミンA IU	2,717 ±1,556	2,724 ±1,632	2,475 ±2,315	2,660 ±1,777	0.15
ビタミンB ₁ mg	1.12± 0.59	0.97± 0.32	1.04± 0.67	1.05± 0.54	0.64
ビタミンB ₂ mg	1.44± 0.37	1.36± 0.42	1.26± 0.36	1.37± 0.39	1.61
ビタミンC mg	131.4 ± 63.1	106.0 ± 40.2	106.7 ± 36.6	116.7 ± 51.3	2.68

^{a)} 共分散分析による年齢グループ間における差, * p<0.05

2. 食物摂取状況

表2は3日間の平均栄養素摂取量を示している。全体の栄養素摂取量は、鉄を除き、エネルギー、たんぱく質、脂質、カルシウム、ビタミン類は栄養所要量（年齢70～74生活活動強度軽い）¹⁸⁾を上回って摂取していた。三大栄養素とカルシウムは、年齢とともに低下傾向を示し、脂質とカルシウムには有意な年齢差がみられた（p<0.05）。

食品群では表3に示しているように、平成7年度国民栄養調査成績¹⁹⁾（女、70歳以上）に比し、乳・乳製品、油脂類の摂取量が多く、いも類や魚が少ない傾向にあるほかは、同様な摂取レベルで

あった。食品の摂取量と年齢には関連がみられなかった。

1日の摂取食品数の平均値は31.2食品であり、食生活指針で掲げている“1日30食品を目標”の品目数と近似していた。年齢との関連はみられなかった。

3. 骨密度と栄養素ならびに食品群別摂取量の関連

第5次改定の日本栄養所要量の対象者別区分の高齢者²¹⁸⁾を参考に摂取目標量を上回っている群とそうでない群の2つのカテゴリーに分け、骨密度の平均値を表4に示した。全体をみると、エネ

表3 年齢別, 食品群別摂取量の平均値

食品群 g	65-69歳	70-74歳	75-79歳	全体	F 値 ^{a)}
	N=37	N=30	N=22	N=89	
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	
乳・乳製品	188.4±150.6	190.0±155.9	147.0±138.1	178.7±148.9	0.66
卵	38.9±25.2	37.4±21.8	34.2±22.8	37.2±23.3	0.27
魚	73.3±38.1	83.4±44.9	68.7±30.7	75.6±39.0	1.00
肉	48.8±32.0	41.4±30.1	35.0±24.0	42.9±29.8	1.56
大豆製品	71.0±43.0	74.0±39.1	65.8±31.1	70.7±38.8	0.28
緑黄色野菜	107.3±62.6	108.6±62.2	113.3±71.9	109.2±64.2	0.06
淡色野菜	206.3±84.6	190.1±70.7	156.1±85.5	188.4±82.0	2.69
いも類	39.0±24.9	32.6±24.6	48.1±34.9	39.1±27.9	2.02
油脂類	20.4±10.0	18.2±9.4	14.2±11.2	18.1±10.3	2.62
摂取食品数	32.0±6.7	30.8±7.2	30.5±6.2	31.2±6.7	0.44

^{a)} 共分散分析による年齢グループ間における差, * p<0.05

ルギー, たんぱく質, 脂質, ビタミンB₁, ビタミンB₂の摂取により骨密度に有意差がみられ, それぞれの摂取目標量を上回っている群では骨密度が高値であった。年齢別では, 65~69歳のみが, たんぱく質とビタミンB₁の摂取量による骨密度の有意差を生じた。

次に, 骨密度に与えるそれぞれの栄養素の寄与の程度を明らかにするために目的変数を骨密度, 説明変数にはそれぞれの栄養素, 共変量に年齢, BMIの2つの変数とし, 共分散分析モデルを用いて検討した。その結果, 脂質, ビタミンB₁, ビタミンB₂は, 骨密度に有意な正の影響を与えていた。

表5は, 表4の栄養素の対応した食品群別摂取目標量を参考に対象者を各食品ごとに2群の摂取量群に分け, 各カテゴリー毎の骨密度の平均値を示している。緑黄色野菜と魚を除き, 卵, 肉, 大豆製品, 淡色野菜, いも類, 油脂類など目標量を上回っている群は, 骨密度が高い傾向を示し, 卵と肉類には有意な関連がみられた (p<0.05)。

年齢, BMIの影響を補正したうえでそれぞれの食品に与える骨密度の寄与の程度を明らかにするために, 共分散分析を用いて検討した。その結果, 肉類のみが骨密度に有意な正の影響を与えていた。

4. 個人における摂取食品数と骨密度との関連

これまでの, 個々の栄養素および食品との関係を見てきたが, 以下では個人の栄養摂取バランス

を考慮し, 摂取食品数レベル別の骨密度を比較した。摂取食品数の平均値±1標準偏差をカットポイントとし, これより低摂取食品数群: 7~25食品, 中摂取食品数群: 26~37食品, 高摂取食品数群: 38~46食品に分けて集計を行った(表6)。低摂取食品数群では, エネルギー, たんぱく質, 脂質, 卵, 肉, 大豆製品などの平均摂取量が, 目標量を下回っており, 中摂取食品数の群は, 三大栄養素において目標量を上回り, 高摂取食品数群は, 栄養素, 食品ともに目標量を上回って摂取していた。

摂取食品数レベル別の骨密度をみると, 低摂取食品数群の骨密度は, 0.444 g/cm²と最も低い値を示し, 中摂取食品数群は0.489 g/cm², 高摂取食品数群は0.530 g/cm²というように摂取食品数が高くなるにつれ, 骨密度は高値を示した。低摂取食品数群と高摂取食品数との間には有意な差がみられた。

V 考 察

老人人口の高齢化に伴い, 国では平成6年12月に「新ゴールドプラン」がスタートし, 「新寝たきり老人ゼロ作戦」として一層の強化が計られるようになってきている。東京都で行った調査では, 寝たきりの原因疾患は脳卒中に次いで骨折があげられ, 脳卒中の骨折予防対策が進められている²⁰⁾。そのなか各市町村では, 保健事業として骨粗鬆症予防や骨折予防のための健康教育, 市町村

表4 各栄養素摂取量の骨密度に対する影響

栄養素 ^{a)}	65-69歳	70-74歳	75-79歳	全体	F 値 ^{c)}
	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	
エネルギー kcal					
1. -1,599	0.501±0.152(10)	0.456±0.104(9)	0.419±0.106(13)	0.455±0.122(32) ^{*b)}	1.32
2. 1,600+	0.519±0.101(27)	0.518±0.094(21)	0.448±0.120(9)	0.507±0.103(57)	
たんぱく質 g					
1. -59.9	0.449±0.109(10) [*]	0.478±0.122(8)	0.419±0.116(11)	0.446±0.113(29) [*]	3.19
2. 60.0+	0.538±0.110(27)	0.507±0.093(22)	0.443±0.108(11)	0.509±0.107(60)	
脂質 g					
1. -39.9	0.485±0.117(6)	0.408±0.162(3)	0.415±0.128(9)	0.437±0.127(18) [*]	3.90 [*]
2. 40.0+	0.520±0.116(31)	0.509±0.089(27)	0.443±0.100(13)	0.502±0.106(71)	
カルシウム mg					
1. -599	0.498±0.111(17)	0.483±0.115(14)	0.426±0.117(15)	0.470±0.116(46)	1.01
2. 600+	0.528±0.119(20)	0.514±0.086(16)	0.441±0.100(7)	0.508±0.107(43)	
鉄 g					
1. -9.9	0.521±0.123(17)	0.489±0.117(11)	0.434±0.106(16)	0.482±0.119(44)	0.01
2. 10.0+	0.508±0.111(20)	0.505±0.091(19)	0.423±0.130(6)	0.495±0.107(45)	
ビタミンA IU					
1. -1,999	0.490±0.103(12)	0.489±0.114(9)	0.415±0.113(12)	0.463±0.112(33)	1.98
2. 2,000+	0.525±0.121(25)	0.503±0.095(21)	0.450±0.109(10)	0.504±0.111(56)	
ビタミンB ₁ mg					
1. -0.69	0.422±0.088(7) [*]	0.417±0.134(4)	0.305±0.137(3)	0.395±0.114(14) ^{**}	15.08 ^{**}
2. 0.70+	0.535±0.111(30)	0.512±0.090(26)	0.451±0.095(19)	0.506±0.104(75)	
ビタミンB ₂ mg					
1. -0.89	0.394±0.082(2)	0.408±0.162(3)	0.373±0.134(5)	0.388±0.122(10) ^{**}	8.95 [*]
2. 0.90+	0.521±0.114(35)	0.509±0.089(27)	0.448±0.100(17)	0.501±0.106(79)	
ビタミンC mg					
1. -49	0.633 (1)	0.468±0.153(3)	—	0.510±0.150(4)	0.13
2. 50+	0.511±0.115(36)	0.503±0.096(27)	0.431±0.110(22)	0.488±0.112(85)	

a) 区分別給与目標栄養量：高齢者2によるカテゴリー¹⁸⁾

b) 2群間の平均値の差の検定

c) 共分散分による骨密度(目的変数)に関連する各栄養素摂取量(説明変数)の解析, それぞれの栄養素を年齢, BMIで補正

* p<0.05, ** p<0.01

保健センターでの骨密度の測定を中心とした骨粗鬆症検診等が行われ²¹⁾, 高齢者が骨折で寝たきりにならないための各種の施策を講じてきている。骨密度は, 簡便性, 安全性, 測定装置のコストが比較的入手しやすい価格になってきたことから, 最近になって集団検診の場で広く測定されるようになってきており, 住民にも強い関心が寄せられている。しかし, 骨密度は誰を対象に測定するか, 測定の機種や精度管理方法をどのように行うのか, 測定結果の解釈や事後指導をどのように行うのかなど, まだ完全に一致した見解は得られて

いない。また, 骨密度測定部位として最も多く使われている第2腰椎から第4腰椎までの正面の再現性は高いものの, 高齢期において他の骨・関節領域での加齢現象が混入しやすく, 必ずしも適当な測定部位でない^{22,23)}。今回われわれは, 骨密度の測定部位を第3腰椎側面で測定したが, この方法は再現性に劣るものの真の椎体内の海面質を主体とした骨密度を測定しうることから, 高齢者では望ましい測定方法であったと考えられ実施したものである。

定量的な食物摂取状況調査の方法には, よく利

表5 各食品群の骨密度に対する影響

食品群 g ^{a)}	65-69歳	70-74歳	75-79歳	全体	F 値 ^{c)}
	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	Mean±SD(n)	
乳・乳製品					
1. -199	0.526±0.142(20)	0.498±0.108(18)	0.424±0.117(15)	0.488±0.129(53)	0.21
2. 200+	0.499±0.074(17)	0.501±0.091(12)	0.448±0.100(7)	0.490±0.085(36)	
卵					
1. -39	0.494±0.131(19)	0.475±0.106(17)	0.428±0.076(15)	0.468±0.110(51) ^{*)}	0.04
2. 40+	0.535±0.095(18)	0.531±0.084(13)	0.439±0.169(7)	0.516±0.112(38)	
魚					
1. -54	0.508±0.133(16)	0.506±0.129(8)	0.442±0.105(8)	0.491±0.125(32)	0.02
2. 55+	0.518±0.102(21)	0.497±0.090(22)	0.425±0.116(14)	0.487±0.106(57)	
肉					
1. -39	0.483±0.124(18)	0.460±0.098(15)*	0.386±0.098(12)*	0.449±0.114(45)**	4.39*
2. 40+	0.543±0.100(19)	0.539±0.087(15)	0.485±0.103(10)	0.529±0.098(44)	
大豆製品					
1. -84	0.520±0.131(24)	0.476±0.105(21)*	0.432±0.122(17)	0.481±0.123(62)	0.00
2. 85+	0.502±0.082(13)	0.552±0.065(9)	0.428±0.059(5)	0.505±0.082(27)	
緑黄色野菜					
1. -99	0.509±0.093(19)	0.517±0.109(15)	0.460±0.080(7)	0.503±0.097(41)	0.65
2. 100+	0.520±0.137(18)	0.481±0.089(15)	0.417±0.122(15)	0.476±0.124(48)	
淡色野菜					
1. -199	0.489±0.101(20)	0.505±0.107(17)	0.442±0.120(16)	0.480±0.110(53)	0.33
2. 150+	0.543±0.127(17)	0.492±0.093(13)	0.403±0.078(6)	0.501±0.117(36)	
いも類					
1. -39	0.507±0.098(19)	0.488±0.107(17)	0.402±0.118(12)	0.474±0.113(48)	1.54
2. 40+	0.521±0.133(18)	0.514±0.092(13)	0.466±0.093(10)	0.505±0.112(41)	
油脂類					
1. -14	0.520±0.122(12)	0.489±0.108(11)	0.411±0.113(12)	0.473±0.121(35)	0.72
2. 15+	0.511±0.114(25)	0.505±0.097(19)	0.455±0.106(10)	0.499±0.107(54)	

a) 区分別給与目標栄養量：高齢者2によるカテゴリ-18)

b) 2群間の平均値の差の検定

c) 共分散分析による骨密度(目的変数)に関連する各食品摂取量(説明変数)の解析, それぞれの食品を年齢, BMIで補正

* p<0.05, ** p<0.01

用されるものに食事記録法や思い出し法がある。食物摂取情報を得るのにもっとも一般的に使われている24時間思い出し法(24-h-dietary recall)は、調査前24時間中に摂取した食品と摂取量を面接で聞き取りながら食物摂取量を推定するもので、大きな集団を対象とする疫学調査に繁用され、Framingham study²⁴⁾や米国の全国健康栄養調査(NHANES I²⁵⁾ NHANES II²⁶⁾ NHANES III²⁷⁾で利用されているが、回答者は記憶に頼らなければならず分量を正確に評価できないという欠点がある。われわれが用いた留め置きによる3日間の

食事記録法は、事前に記録票を対象者に渡し、対象者自身にすべての食べた物を記録させ、これを参考に食物摂取量を確認するものでヨーロッパ12カ国の19のタウンの老人を対象としたTHE EURONUT-SENACA studyで用いられている²⁸⁾。これら2つとも再現性・正確さにおいて問題が残ってはいるが、留め置き法は思い出し法に比べ、少ない時間と費用で多くの情報が得られるため、地域老人の栄養調査には留め置きを使うことが容易である。本研究においては、栄養素摂取をかなり正確に把握しているため、intra-populationに

表6 摂取食品数と骨密度の関係

摂取食品数 ^{a)}	食品摂取状況：平均摂取量		骨密度 (g/cm ²)
7~25 (n=15)	エネルギー	1,300 kcal	0.444±0.129
	たんぱく質	48.0 g	
	脂質	35.0 g	
	卵	31.1 g	
	肉	28.2 g	
	大豆製品	55.8 g	
26~37 (n=58)	エネルギー	1,738 kcal	0.489±0.110 *
	たんぱく質	67.6 g	
	脂質	54.2 g	
	卵	37.4 g	
	肉	42.1 g	
	大豆製品	68.1 g	
38~46 (n=16)	エネルギー	1,920 kcal	0.530±0.098
	たんぱく質	80.2 g	
	脂質	60.1 g	
	卵	42.4 g	
	肉	59.6 g	
	大豆製品	94.3 g	

* p<0.05 a) 摂取食品数の平均値±1標準偏差をカッティングポイントとした

おける骨密度と栄養摂取との関連を論ずる上に、より妥当であると考えられる。

骨密度と栄養摂取の関連する inter-population の成績は、Hu ら⁹⁾の中国内での5地域の比較、Matkovic らのユーゴスラビアの調査¹⁰⁾などでは、いずれも骨密度とカルシウム摂取の間に強い正の関係を認めている。Nordin⁸⁾は、骨粗鬆症の発生がカルシウムおよびたんぱく質摂取量の少ない国に多いことを示し、カルシウムやたんぱく質摂取量が骨量に重要な役割を果たしていることを報告している。

一方、intra-population による栄養摂取と骨密度との関連では、カルシウムの摂取と骨密度をみた研究が多く、正の関係を認めるもの^{11,16)}、認めないもの^{12~15)}の報告があり見解の一致はみられていない。Ooms ら¹⁵⁾はカルシウム摂取量の平均値が921 mg、平均年齢70歳の在宅の女性を対象に骨密度の予知因子を調べたが、低体重、閉経年数、移動障害や服薬などがリスクとしてあげられ、カルシウムは関係がなかったと述べている。しかし、Andon ら¹⁶⁾の在宅高齢女性、平均年齢65歳、カルシウム摂取量が606 mg±302とばらつ

きの大きい対象集団では、カルシウムと骨密度の関係は有意であったことを示している。以上のように、骨量における食事の役割に関する研究は、栄養の重要な役割が示唆されているものの、Parfitt²⁰⁾が述べているように、骨量測定の問題、ライフステージ毎における体内での骨動態の変動、栄養の摂取量の把握の困難さなどが伴い明確な関連は見いだされていない。骨粗鬆症は多因子的であり、若いときからのカルシウム摂取や運動不足、喫煙、過度の飲酒などが積分的に関与して発症するために、むしろ高齢期では危険因子の分散が大きく、カルシウムなどの特定の栄養素が骨密度と有意に関係することは少ない^{30~33)}。

われわれの intra-population による結果では、カルシウム600 mg を越える食事をしている者では、そうでない者にくらべ骨密度が高い傾向にあったが、有意な差は見いだせなかった。さらに、乳・乳製品の摂取と骨密度の関係においても有意な差は認められなかった。われわれの集団では、Andon ら¹⁶⁾の地域在宅老人を対象とした欧米の成績に比べ、カルシウム摂取量にバラツキがなく比較的均一であったこと、カルシウム摂取量の平

均値が615 mgはちょうど出納が平衡を保っている状態で、骨の形成と吸収の面でバランスよく調節されているレベルにあり、それらの間に強い関連が見いだしにくかったことが考えられる。しかし、骨密度と他の栄養素や食品の摂取においては、エネルギー、たんぱく質、脂質、ビタミンB群などの栄養素が給与目標量を満たしている者や卵、肉の摂取が目標量を越えている者は骨密度が高く、年齢とBMIでコントロールしても骨密度と脂質、ビタミンB₁、ビタミンB₂、肉の摂取との間には有意な関連がみられた。たんぱく質の過剰摂取は尿中へのカルシウム排泄を促すことが実験的に明らかにされているが、リンを多く含む肉などの過剰摂取は尿中へのカルシウム排泄に影響を及ぼさないことを Spencerら³²⁾は述べており、脂質や肉の摂取が骨密度へどのように関与するかは明らかでない。

次に、われわれは個人の食生活のバランスの1つの指標とされている食品数に注目し、摂取食品数と骨密度との関連を試みた。その結果、食品数が増えると共に、エネルギー、たんぱく質、脂質、卵、肉、大豆製品などの摂取量が多くなり、骨密度においても高い値が示された。摂取食品数と栄養素等摂取量との関係について、関ら³⁴⁾は、摂取食品数が30食品以上では、脂肪エネルギー比やたんぱく質の過剰摂取がみられ、食生活指導の面からは過剰を考慮する必要があると述べているが、今回検討した骨密度に関しては、むしろ骨密度を高める傾向にあった。

したがって、ある栄養素やある食品が骨密度に特異的に作用することも否定はできないが、バランスよく食品をとり、栄養所要量レベルを保持し、栄養状態を良好にしていくことが、ひいては骨量の喪失や骨全休の脆弱化を防ぐものと考えられる。

すでに、骨折患者などを対象に、低栄養が骨量の低下を引き起こすことがいくつかの研究で報告されている。Geinozら³⁵⁾は入院患者を対象に、たんぱく質が目標摂取量1 g/kg以上を満たしている群では骨密度が高く、さらにこの量を継続することによって、骨密度が増加したことを明らかにし、また、Tkatchら³⁶⁾も大腿部頸部骨折患者にたんぱく質、カルシウム、ビタミンAの強化食品を投与し、その後の改善が良好であったこと

を述べている。われわれの今回の解析からも、これらの先行研究と矛盾のない結果が得られている。

わが国においても高齢社会を迎え、虚弱老人や入所・入院患者が増加していくが、彼等における macronutrient および micronutrient の栄養不足が往々にして問題となる。このような栄養不足は骨格系に対しても加齢による骨量の低下と相まって骨の脆弱化を促進させ、骨折を引き起こさせる引き金にもなることから、高齢者の低栄養対策は緊急の課題であろう。今後の高齢社会にむけて在宅の高齢女性についても適正な食事を進めていくこと³⁷⁾は、骨量を低下させないためにも、また骨折の予防においても重要と思われる。

本研究の対象は、都市部の在宅老人のみであり、しかもサンプルサイズも決して大きくはないが、ここで得られた骨密度と栄養摂取の関連については、高齢期においても適正な栄養摂取が骨密度の低下防止に役立つ可能性を示しており、今後の骨粗鬆症対策の一助と考えられる。

(受付 '97. 8. 25)
(採用 '98. 8. 21)

文 献

- 1) Consensus development conference. Diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1993; 94: 646.
- 2) Heaney RP. Nutritional factors in bone health in elderly subjects: methodological and contextual problems. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1182-1189.
- 3) Elliot JR, Hanger HC, Gilchrist NL, et al. A comparison of elderly patients with proximal femoral fractures and a normal elderly population: a case control study. *N Z Med J* 1992; 105: 420-422.
- 4) Meunier PJ, Chapuy MC, Arlot ME, et al. Can we stop bone loss and prevent hip fractures in the elderly?. *Osteoporos Int* 1994; 4: 71-76.
- 5) Armstrong AL, Wallace WA. The epidemiology of hip fractures and methods of prevention. *Acta Orthop Belg* 1994; 60: 85-101.
- 6) Murphy S, Khaw KT, May H, et al. Milk consumption and bone mineral density in middle aged and elderly women. *BMJ* 1994; 308: 939-941.
- 7) Soroko S, Holbrook TL, Edelstein S, et al. Lifetime milk consumption and bone mineral density in older women. *Am J Public Health* 1994; 84: 1319-1322.
- 8) Nordin B. International patterns of osteoporosis.

- Clin Orthop and Related Research 1966; 45: 17-30.
- 9) Hu JF, Zhao XH, Jia JB, et al. Dietary calcium and bone density among middle-aged and elderly woman in China. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 219-227.
 - 10) Matkovic V, Kostial K, Simonovic I, et al. Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 540-549.
 - 11) Nguyen TV, Kelly PJ, Sambrook PN, et al. Lifestyle factors and bone density in the elderly: implications for osteoporosis prevention. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 1339-1346.
 - 12) Ho SC, Chan SS, Woo J, et al. Determinants of bone mass in the Chinese old-old population. *Osteoporos Int* 1995; 5: 161-166.
 - 13) Reed JA, Anderson JJ, Tylavsky FA, et al. Comparative changes in radial-bone density of elderly female. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 1197s-1202s.
 - 14) Bauer DC, Browner WS, Cauley JA, et al. Factors associated with appendicular bone mass in older women. The study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med* 1993; 118: 657-665.
 - 15) Ooms ME, Lips P, Van LA, et al. Determinants of bone mineral density and risk factors for osteoporosis in healthy elderly women. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 669-675.
 - 16) Andon MB, Smith KT, Bracker M, et al. Spinal bone density and calcium intake in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 927-929.
 - 17) 東京都老人総合研究所 (1991), 長期プロジェクト「中年からの老化予防総合的長期追跡研究」小金井市総合健康調査.
 - 18) 厚生省保健医療局健康増進栄養課 (1994), 第5次改定日本人の栄養所要量. 第一出版. 東京.
 - 19) 厚生省保健医療局健康増進栄養課, 平成5年版国民栄養の現状. 第一出版. 東京.
 - 20) 林 泰史. ねたきり老人の原因疾患としての骨粗鬆症. *Pharma Medica* 1989; 5: 89-92.
 - 21) 西堀素子, 浦野純子. 板橋志村保健所における骨粗鬆症予防検診の取組について. *日本公衛誌* 1995; 42: 491-499.
 - 22) 鈴木隆雄, 柴田 博, 守木久和. DXA法による骨密度集団検診での測定精度に関する研究. *日本公衛誌* 1994; 41: 997-1006.
 - 23) 鈴木隆雄, 永井晴美, 吉田英世, 他. 地域高齢者を対象とした骨密度検診における DXA法の有用性と限界—腰椎 X線所見との比較について—. *日本公衛誌* 1995; 42: 385-397.
 - 24) Gordon T, Kagan A, Garcia PM, et al. Diet and its relation to coronary heart disease and death in three populations. *Circulation* 1981; 63: 500-515.
 - 25) Lowenstein FW. Nutritional status of the elderly in the United States of America. *J Am Coll Nutr* 1982; 1: 165-177.
 - 26) Kant AK, Schatzkin A. Consumption of energy-dense, nutrient-poor foods by the US population: effect on nutrient profiles. *J Am Coll Nutr* 1994; 13: 285-291.
 - 27) Hrris T, Woteki C, Briefel RR, et al. NHANES III for older persons: nutrition content and methodological considerations. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 1145-1149.
 - 28) Van't Hof MA, Hautvat JG, Schroll M, et al. Design, method and participation Euronut SENECA investigators. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45: 5-22.
 - 29) Parfitt AM. Dietary risk factors for age-related bone loss and fractures. *Lancet* 1983; 19: 1181-1185.
 - 30) 中村哲郎, 折茂 肇. 生理的老化と病的老化—骨代謝の側面から—. *日老医誌* 1991, 28 318-324.
 - 31) 鈴木隆雄, 柴田 博. 地域高齢者のライフ・スタイルおよび食品摂取パターンと骨密度に関する研究. *日本骨代謝学会雑誌* 1993; 11: 397.
 - 32) Spencer H, Kramer L, Osis D. Do protein and phosphorus cause calcium loss?. *J Nutr* 1988; 118: 657-660.
 - 33) Toss G. Effect of calcium intake vs. other life-style factors on bone mass. *J Intern Med* 1992; 231: 181-186.
 - 34) 関千代子, 岩瀬靖彦, 君羅 満, 他. 摂取食品数と栄養素等摂取量に関する考察. *栄養学雑誌* 1988; 46: 163-173.
 - 35) Geinoz G, Rapin CH, Rizzoli R, et al. Relationship between bone mineral density and dietary intakes in the elderly. *Osteoporos Int* 1993; 3: 242-248.
 - 36) Tkatch L, Rapin CH, Rizzali R, et al. Benefits of oral protein supplementation in elderly patients with fracture of the proximal femur. *J Am Coll Nutr* 1992; 11: 519-525.
 - 37) Wardlaw GM. Putting osteoporosis in perspective. *J Am Diet Assoc* 1993; 93: 1000-1006.

RELATIONSHIP BETWEEN NUTRIENT INTAKE AND BONE MINERAL DENSITY IN AN URBAN COMMUNITY OF HEALTHY ELDERLY WOMEN

Harumi YUKAWA*, Takao SUZUKI*, Hiroshi SHIBATA^{2*}, Hidenori AMANO^{2*},
Hiroshi HAGA^{3*}, Seiji YASUMURA^{4*}

Key words: Healthy elderly women, Bone mineral density, Nutrient intake, Food intake, Number of food items ingested per day

The relationship between nutrient intake and bone mineral density (BMD) in a community of healthy elderly women was investigated. A three-day nutritional survey was carried out. Subjects were divided into two groups using criteria set by the Recommended Dietary Allowances for the Japanese Fifth Revision (1994). Relationship between nutritional intake and BMD was explored. Intake of energy, protein, fats, and vitamins B₁ and B₂ correlated positively with BMD, as did the intake of eggs, meat, legume and soya products, other vegetables and potatoes, as well as fat and oil. Those with larger average number of food ingested per day had higher average of BMD. In conclusion, the hypothesis: adequate dietary intake protects against BMD loss, agreed with the results. Sufficient nutrient and food intake is associated with BMD increase, and possibly reduced risk of osteoporosis.

* Department of Epidemiology, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

^{2*} Department of Community Health, Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

^{3*} School of Nursing and Social Services, Health Services University of Hokkaido

^{4*} Department of Public Health, Yamagata University School of Medicine