

# 超音波式踵骨骨量測定装置を用いた骨量と その関連要因についての横断的研究

ナガセ ヒロフミ\* ハヤシ ヨウイチ\*,2\* ナカムラ ヒロユキ\*  
長瀬 博文\* 林 宏一\*,2\* 中村 裕之\*  
ヤマダ アキヒロ\* オギノ ケイキ\*  
山田 晃裕\* 荻野 景規\*

石川県の地域住民の中で1,016人の閉経前女性と856人の閉経後女性を対象に、栄養・運動習慣等の生活習慣と骨量との関連性について横断的研究を行った。1,872人の19歳から85歳までの女性の踵骨骨量を超音波法により1995年から1996年にかけて測定した。本研究においては超音波法骨量測定装置により算出された stiffness を骨量として解析した。骨折歴や既往歴、月経、出産歴、食物摂取頻度、スポーツ歴・運動頻度、飲酒・喫煙歴に加え、20歳時の身長と体重、現存歯数等を自記式のアンケート調査から得た。年齢と肥満度を考慮して、栄養・運動習慣等の生活習慣の骨量への寄与度を評価するため、共分散分析と重回帰分析を行った。得られた結果は以下の通りである。

1. 骨量は加齢とともに減少し、同じ年齢層でも閉経の方がさらに低い平均骨量を示していた。年齢と骨量の相関は、閉経前女性で $-0.25$  ( $p < 0.001$ ) と閉経後女性で $-0.44$  ( $p < 0.001$ ) であった。

2. 肥満度 (BMI) と骨量の相関係数は、閉経前女性と閉経後女性において有意な正の相関を認めていた。

3. 閉経前女性において低骨量と有意に関連していた項目は、年齢、低いBMI、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「定期的なスポーツをほとんどしない」、「日常生活はほとんど動かない」、「関節痛あり」、「現存歯数10本以下」、「乳製品を毎日摂取しない」であった。

4. 閉経後女性において低骨量と有意に関連していた項目は、年齢、低いBMI、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「骨折歴あり」、「閉経後年数が長いこと」であった。

本研究で得られた低骨量と関連していた要因は、将来の骨折のリスクをあげる危険因子であり、また、骨量の低下を示唆する重要な徴候の1つである。これらの要因は、積極的に保健指導にとり入れ、骨量低下の一次予防、二次予防に活用すべきであろう。特に中学時代のスポーツクラブ参加は、閉経後の骨粗鬆症の予防のために薦められるかもしれない。

**Key words** : 骨量, スポーツ, 栄養, スティフネス

## I 緒 言

近年、高齢者人口の増加とともに骨粗鬆症による骨折が増加し、毎年その一部が大腿骨頸部骨折などにより寝たきり状態となり、公衆衛生的にも重要な問題となってきている<sup>1)</sup>。骨粗鬆症の予

防には、思春期・青年期に最大骨量が高めることと、閉経後の骨量減少を最小限にすることが重要である。それゆえ骨量に影響を与える要因は、骨粗鬆症の一次予防活動に有益な情報となる。近年においては、骨粗鬆症の疫学的研究が展開され、危険因子が解明されるようになり<sup>2)</sup>、その予防への活用が期待されている<sup>3)</sup>。

骨量の評価には、X線を使用した骨密度測定装置から得られる骨密度が用いるのが主流である<sup>4)</sup>。しかし、近年超音波を用いた骨量測定装置が開発され<sup>5)</sup>、被曝がなく簡便であり、移動が比

\* 金沢大医学部公衆衛生学

<sup>2\*</sup> ノートルダム清心女子大学人間生活学部食品栄養学科 (前, 石川県厚生部健康推進課)  
連絡先: 〒920-8640 金沢市宝町13-1  
金沢大学医学部公衆衛生学 長瀬博文

較的しやすいことから、頻繁に検診に用いられるようになってきた。

そこで著者らは、骨粗鬆症予防のための保健指導に活用できる情報を得るために、石川県の骨粗鬆症検診のデータを元に、骨量に関連する要因を横断的研究によって明らかにしたので報告する。

## II 対象と方法

1995年から1996年に石川県の地域住民を対象とした健康診断に参加した女性の中で、骨密度測定を希望した2,000人を対象とした。骨量測定は超音波法による骨量測定装置のAchilles (LUNAR社, 米) を使用し、算出された stiffness を骨量の指標として用いた。

さらに、骨折歴や既往歴、月経、出産歴、食物摂取頻度、運動頻度、学生時代のスポーツクラブの所属、飲酒・喫煙歴に加え、20歳時の身長と体重、現存歯数等を自記式のアンケート調査から得た。また、肥満度は body mass index (以下 BMI) を使用し、身長変化は、健康診断当日の測定値と自己申告の20歳時の値との差から算出した。

本研究の解析の対象にした女性は、アンケートにおいて既往歴として、慢性関節リウマチ、甲状腺機能亢進症、両側卵巣摘出術を受けた者、ステロイドの長期服用を認めると考えられる者等、骨量に影響があると考えられる疾患や病態の者は含まれていない。また、閉経後女性は自然閉経を迎えている者とし、結果的に表1に示すように閉経前の女性1,016人、閉経後の女性は856人の合計1,872人を解析対象とした。

解析は、すでに骨量減少に寄与することが指摘されている年齢、閉経、肥満度の影響を明らかにすることからはじめ、運動習慣や食物摂取頻度別の平均骨量を検討する際は、年齢と肥満度で調整した平均骨量を用いた。閉経の影響を除くため、閉経前女性と閉経後女性の2群に層化して分析を行った。

平均値の差の検定は、Student の t 検定または一元配置分散分析によって行った。年齢と肥満度を調整した平均骨量は、共分散分析によって算出した。骨量に影響を与える因子の寄与度を検討するため、従属変数を骨量とし、事前の解析にて年齢と肥満度で調整した平均骨量が質問項目のカテゴリー間において有意差を認めていた要因

表1 閉経前女性と閉経後女性の年齢階級別の骨量平均値 (標準偏差)

年齢	人数	閉経前	標準偏差	人数	閉経後	標準偏差
-29	113	88.3	12.2			
30-	150	85.3	9.6			
35-	161	85.5	10.9			
40-	217	83.5	11.4	5	78.4	7.4
45-	240	81.6	11.7	23	81.0	10.7
50-	119	78.8	10.9	165	74.9	10.4
55-	16	72.2	7.2	221	70.3	9.4
60-				234	66.4	9.6
65-				139	62.9	8.9
70-				69	61.6	9.0
合計	1,016	83.44	11.47	856	68.6	10.7

( $p < 0.10$ ) をすべて独立変数としたモデルにて重回帰分析を行った。なお、閉経後の女性の解析では、年齢と閉経後年数の間に高い相関が認められたために、両変数が同時に入るモデルは採用せず、年齢と閉経後年数を各々別のモデルにて寄与度を評価した。本研究においては、重回帰分析において  $p < 0.10$  を維持できた変数を骨量に関連する要因としてとらえることにした。統計パッケージは、SPSS6.1J for Mac<sup>6,7)</sup> を使用した。

## III 研究結果

超音波式骨量測定装置の再現性をみるため、25人を対象に5回ずつ測定したところ、stiffness 値の変動係数は、0.0%~2.1%で変動を示し、平均が1.0%と良好であった。

### 1. 閉経前女性と閉経後女性の年齢と骨量の関係

骨量の加齢変化をみるために、骨量と年齢の Pearson の相関係数を求めたところ、閉経前女性において-0.25、閉経後女性において-0.44と有意な負の相関が認められた。次に閉経前女性と閉経後女性の年齢階級別の骨量平均値を示したのが表1であるが、平均骨量は年齢が高い群ほどより低くなり、しかも同じ年齢階級でも閉経後女性の平均骨量は低値を示していた。

### 2. 閉経前女性と閉経後女性の年齢階級別の身長、体重、肥満度、骨量の平均値

閉経と年齢で分けた群別の身長、体重、BMI、

表2 閉経前女性と閉経後女性の年齢階級別の身長, 体重, 肥満度, 骨量の平均値

	年齢階層	人数	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	骨量	人数	20歳時	20歳時	20歳時
								身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
閉経前女性	-29	113	158.8	51.3	20.3	88.3	110	158.7	50.8	20.2
	30-	311	157.7	52.6	21.2	85.4	306	157.8	50.9	20.5
	40-	457	155.4	53.7	22.2	82.5	442	155.8	49.9	20.5
	50-	135	153.4	55.4	23.5	78.0	132	154.1	49.9	21.0
	合計	1,016	156.2	53.3	21.9	83.4	990	156.5	50.3	20.5
一元配置分散分析			**	**	**	**	**	†	*	
閉経後女性	40-	28	154.6	52.9	22.0	80.5	28	155.3	50.8	21.0
	50-	386	152.7	53.5	23.0	72.3	373	153.7	49.5	20.9
	60-	373	150.1	52.2	23.2	65.1	365	151.9	49.6	21.5
	70-	69	146.8	49.3	22.9	61.6	69	149.8	49.1	21.9
	合計	856	151.2	52.6	23.0	65.6	835	152.6	49.5	21.3
一元配置分散分析			**	**	ns	**	**	ns	**	

ns; 有意差なし, \*\* p<0.01, \* p<0.05, † p<0.10

表3 閉経前女性と閉経後女性の年齢階級別, 肥満度別の平均骨量

閉経前女性 BMI	-29		30-		40-		50-		合計	
	n	骨量	n	骨量	n	骨量	n	骨量	n	骨量
-19.8	57	86.9	98	83.8	75	78.7	14	71.1	244	82.2
19.8+	33	89.9	109	85.1	159	81.3	27	77.2	328	83.1
22.0+	14	90.1	76	87.4	137	85.0	43	79.9	270	85.2
24.2+	9	88.2	27	86.7	86	84.0	51	78.8	173	83.1
合計	113	88.3	310	85.4	457	82.5	135	78.0	1,015	83.4
一元配置分散分析			ns	ns	**	†	*			
閉経後女性 BMI	40-		50-		60-		70-		合計	
	n	骨量	n	骨量	n	骨量	n	骨量	n	骨量
-19.8	6	78.3	44	69.9	39	61.2	5	57.2	94	66.2
19.8+	9	81.4	98	69.7	93	64.4	15	60.9	215	67.3
22.0+	8	76.4	130	73.0	111	64.5	37	62.0	286	68.3
24.2+	5	88.0	114	74.5	127	67.9	12	63.3	258	71.0
合計	28	80.5	386	72.3	370	65.2	69	61.6	853	68.6
一元配置分散分析			ns	**	**	ns	**			

ns; 有意差なし, \*\* p<0.01, \* p<0.05, † p<0.10

骨量を示したのが表2である。身長は閉経前女性と閉経後女性いずれにおいても、加齢に従って着実に低下している。また、体重は閉経前女性では加齢とともに上昇し、閉経後女性においても50歳代から減少する傾向を呈している。肥満度については、閉経前女性は加齢とともに上昇し、閉経後

女性においては年齢による差は認められなかった。

本研究では、20歳時の身長と体重も質問しており、記入のあった者に限り解析の対象にした。各々の年齢階級の20歳時の身長は現在の身長と比較して高く、世代が若くなるごとにより高い平均身

表4 閉経前女性と閉経後女性の身長変化, 出産, 月経, 閉経後年数, 既往歴別の年齢, 肥満度調整骨量

項 目	カテゴリー	閉経前女性		閉経後女性			
		人数	平均値	人数	平均値		
20歳からの身長減少	1 1 cm 未満	747	82.3	268	69.9		
	2 2 cm 未満	186	81.8	216	68.1		
	3 3 cm 未満	42	81.9	175	67.4		
	4 3 cm 以上	14	85.4	173	67.3	ns	*
出産歴	0 なし	87	84.3	26	65.4		
	1 1 回	79	83.1	42	68.2		
	2 2 回	411	84.4	362	67.9		
	3 3 回	271	83.2	259	67.6		
	4 4回以上	29	86.6	84	68.0	ns	ns
閉経後年数	1 2年以内			129	74.0		
	2 4年以内			103	69.8		
	3 6年以内			94	69.5		
	4 8年以内			78	70.0		
	5 10年以内			77	66.6		
	6 14年以内			138	66.8		
	7 18年以内			117	66.3		
	8 19年以上			120	66.4		**
骨折経験	1 なし	957	83.6	735	68.6		
	2 あり	55	83.7	111	66.3	ns	*
手術	1 なし	630	83.2	476	68.7		
	2 婦人科疾患	185	81.9	156	68.8		
	3 その他	201	83.5	224	68.8	ns	ns
関節痛	1 なし	620	84.0	319	69.1		
	2 あり	386	82.3	532	68.4	*	ns
現存歯数	1 -10本	65	79.6	345	68.3		
	2 -20本	187	81.9	195	69.7		
	3 21本-	737	83.2	279	69.0	*	ns

ns; 有意差なし, \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , †  $p < 0.10$

長を示していた。一方、体重と肥満度においては、現在と比較して20歳時の値は低く、どの年齢階級もほぼ50 kg 前後の平均体重であり、肥満度は21 kg/m<sup>2</sup> 前後の値を示していた。

### 3. 閉経前女性と閉経後女性の肥満度と骨量との関係

閉経前女性と閉経後女性における年齢階級別、肥満度別の平均骨量を示したのが表3である。閉経後女性においては、肥満度の高い群がより高い平均骨量を示す傾向があり、50歳代、60歳代にその傾向は強く現れていた。一方で、閉経前女性においては、閉経後女性にみられた肥満度と骨量の

関係は明らかでなかったが、肥満度が低い群が最も低い平均骨量を示し、それは40歳代と50歳代において著明であった。肥満度と骨量の Pearson の相関係数は、閉経前女性と閉経後女性においてそれぞれ、0.065 ( $p < 0.05$ ), 0.133 ( $p < 0.01$ ) であった。

### 4. 閉経前女性と閉経後女性の20歳時からの身長減少, 出産歴, 閉経後年数, 既往歴別の年齢, 肥満度調整骨量 (表4)

閉経後女性においては、20歳時からの身長減少が大きくなるほど、年齢・肥満度調整骨量 (以下調整骨量) が有意に低下していたが、閉経前女性

表5 閉経前女性と閉経後女性の生活習慣と運動習慣別の年齢肥満度調整骨量

項 目	カテゴリー	閉経前女性			閉経後女性		
		人数	平均値		人数	平均値	
喫 煙	1 喫 煙	57	82.5		20	66.9	
	2 非喫煙	953	83.7	ns	831	69.3	ns
飲 酒	1 ほぼ毎日	61	84.4		41	70.1	
	2 週に4, 5回	61	84.8		45	71.1	
	3 週に2, 3回	156	83.5		115	70.4	
	4 ほとんど飲まない	737	83.0	ns	646	68.8	ns
天気の良い日に外に出る	1 いいえ	325	82.0		137	68.8	
	2 は い	686	84.0	**	714	69.3	ns
日常生活活動	1 汗をかくくらい動く	144	83.9		241	69.7	
	2 時々汗をかくくらい動く	431	84.8		372	68.8	
	3 汗はかかないが動く	334	82.2		188	68.5	
	4 ほとんど動かない	105	81.8	**	51	70.2	ns
定期的なスポーツ	1 毎 日	35	83.9		89	69.9	
	2 週に2, 3回	127	86.4		161	68.8	
	3 ほとんどしない	848	82.3	†	582	67.6	**
中学時代運動クラブ#	1 し た	596	84.3		232	73.4	
	2 し ない	420	82.0	**	238	71.0	**
高校時代運動クラブ#	1 し た	104	83.9		51	74.3	
	2 し ない	912	84.1	ns	419	71.9	ns

ns ; 有意差なし, \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , †  $p < 0.10$

# 質問の妥当性を考慮し解析対象は60歳以下に限定

においては明らかではなかった。

また、閉経後女性においては、閉経後年数の増加とともに調整骨量は有意に低下し、特に閉経後9年以降からは、急激に低下する傾向が認められた。

骨折既往歴については、閉経後女性の骨折既往者の調整骨量が有意に低かったが、閉経前女性において骨折の既往による調整骨量の差は認められなかった。さらに閉経群の骨折既往者の中で骨折部位が明らかな、大腿骨頸部骨折6例、脊椎骨折11例、橈骨骨折11例、その他の部位の骨折80例の調整骨量は、いずれも骨折既往のない者より低値を示していた。しかし、統計学的有意差は認めなかった。

閉経前女性において、手足、手首、背、腰部の関節痛を訴えた群の調整骨量は、訴えない群より有意に低下していたが、閉経後女性においては差は認められなかった。現有する歯の数は、閉経前

女性において特に差が認められ10本以下の現存歯数の群が最も低い値を示していた。閉経後においてはその差は認められなかった。

出産回数で分けた群別の調整骨量の比較や、子宮筋腫、卵巣嚢腫などの既往が含まれる婦人科疾患の既往別の調整骨量の比較においては有意差は認められなかった。

##### 5. 閉経前女性と閉経後女性の生活習慣と運動習慣別の年齢肥満度調整骨量 (表5)

喫煙と飲酒による調整骨量への影響は認められなかった。

日常生活の中の因子では、閉経前女性において天気の良い日に外に出ない群が低い調整骨量を示しており、また日常活動性が低い群がやはり低い調整骨量を示していた。しかし、いずれも閉経後女性においてはその差は認められなかった。

運動習慣においては、定期的なスポーツをほとんどしない群が最も低い調整骨量を示しており、

表6 閉経前女性と閉経後女性の食品摂取頻度別の年齢・肥満度調整骨量

項 目	カテゴリー	閉経前女性		閉経後女性	
		人数	平均値	人数	平均値
肉 類	1 ほぼ毎日	120	84.7	60	68.0
	2 週に4, 5回	267	83.3	147	68.4
	3 週に2, 3回	547	83.6	526	68.2
	4 ほとんど食べない	81	82.5	118	69.7
卵	1 ほぼ毎日	210	83.6	183	69.6
	2 週に4, 5回	306	83.4	200	69.4
	3 週に2, 3回	435	83.2	381	68.1
	4 ほとんど食べない	65	83.3	86	68.2
魚 介 類	1 ほぼ毎日	227	83.8	311	69.2
	2 週に4, 5回	344	83.9	274	68.4
	3 週に2, 3回	424	83.5	239	67.1
	4 ほとんど食べない	20	88.3	27	68.4
乳 製 品	1 ほぼ毎日	491	84.5	528	69.0
	2 週に4, 5回	196	82.7	108	69.7
	3 週に2, 3回	230	82.3	123	68.1
	4 ほとんど食べない	99	82.9	86	68.9
大 豆 製 品	1 ほぼ毎日	162	83.7	270	69.9
	2 週に4, 5回	305	83.5	299	68.1
	3 週に2, 3回	500	83.6	260	68.5
	4 ほとんど食べない	47	82.9	21	69.3
海 草 類	1 ほぼ毎日	97	81.9	219	68.7
	2 週に4, 5回	263	84.3	274	69.3
	3 週に2, 3回	571	83.3	333	68.1
	4 ほとんど食べない	84	82.6	25	67.8
小 魚	1 ほぼ毎日	69	83.5	148	69.2
	2 週に4, 5回	122	82.6	193	68.1
	3 週に2, 3回	478	83.7	373	68.2
	4 ほとんど食べない	340	82.5	134	69.5

ns ; 有意差なし, \*  $p < 0.05$ , †  $p < 0.10$

特に閉経後女性においてその傾向が強く認められた。学生時代の運動クラブに関する質問では、設問の妥当性を考え60歳以下に限った解析を行った。その結果、中学時代の運動クラブに所属している群が高い調整骨量を示しており、それは閉経前女性と閉経後女性のいずれでも有意であった。一方では、高校時代の運動クラブの所属の有無では差は認められなかった。なお、スポーツの種目別の骨量の比較は行ったが、種目による差に一定の傾向は認められなかった。しかし、いずれの種目でも運動クラブに所属していない群より高い平

均骨量を示していた。

#### 6. 閉経前女性と閉経後女性の食物摂取頻度別の年齢・肥満度調整骨量 (表6)

骨の形成に必要なたんぱく質とカルシウムの摂取を中心に聞いた結果、閉経前女性においては、牛乳または乳製品を毎日摂取する群がそれより低摂取の群より有意に高い調整骨量を示していた。一方で、閉経後女性においては、魚介類の毎日摂取の群がそれより低摂取の群より高い調整骨量であった。

表7 閉経前女性における骨量を従属変数とした重回帰分析

変数	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数	t 値	有意性
年齢	-0.381	0.047	-0.274	-8.171	<0.001
BMI	0.700	0.137	0.165	5.089	<0.001
中学時代スポーツクラブに所属しない	-2.236	0.718	-0.097	-3.115	0.002
定期的なスポーツをほとんどしない	-2.700	0.970	-0.087	-2.785	0.006
日常生活はほとんど動かない	-1.767	0.721	-0.077	-2.452	0.014
関節痛あり	-1.509	0.716	-0.064	-2.109	0.035
現存歯数10本以下	-2.974	1.449	-0.064	-2.053	0.040
乳製品を毎日摂取しない	-1.369	0.698	-0.060	-1.960	0.050
天気の良い日に外に出ない	-1.231	0.750	-0.051	-1.642	0.101
定数	90.545	5.448		16.619	<0.001

重相関係数 0.36

表8 閉経後女性における骨量を従属変数とした重回帰分析 (60歳以下)

変数	偏回帰係数	標準誤差	標準偏回帰係数	t 値	有意性
年齢***	-0.892	0.129	-0.317	-6.909	<0.001
BMI***	0.628	0.173	0.161	3.623	<0.001
中学時代スポーツクラブに所属しない*	-2.294	0.936	-0.110	-2.452	0.015
骨折歴あり**	-2.661	1.449	-0.081	-1.837	0.067
定期的なスポーツをほとんどしない	-1.163	1.093	-0.048	-1.064	0.288
魚介類を毎日摂取しない	-0.765	0.963	-0.035	-0.794	0.428
20歳からの身長減少 2 cm 以上*	-0.794	1.081	-0.033	-0.735	0.463
定数	117.751	8.251		14.271	<0.001

\*\*\* 年齢制限なしの重回帰分析で  $p < 0.001$ \*\* 年齢制限なしの重回帰分析で  $p < 0.01$ \* 年齢制限なしの重回帰分析で  $p < 0.05$ 

重相関係数 0.39

## 7. 閉経前女性における骨量を従属変数とした重回帰分析 (表7)

調整骨量を用いて検討してきた各要因の骨量に寄与する度合いを明らかにするために、特に有意水準  $p < 0.10$  にて差を認める要因を独立変数としてすべての要因を含む重回帰分析を行った。なお3つ以上のカテゴリーからなる独立変数は共分散分析において有意性が維持されるような2つのカテゴリーに変換した後にモデルに組み込んだ。結果として、「天気の良い日に外に出ない」を除いた変数が、 $p < 0.10$  の有意水準を維持しており、各々の要因は互いに独立して骨量に影響を与えていたことが明らかになった。骨量低下に対し寄与度が最も高い変数は、年齢であり、以下 BMI (肥満度)、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「定期的なスポーツをほとんどしない」、「日

常生活はほとんど動かない」、「関節痛あり」、「現存歯数10本以下」、「乳製品を毎日摂取しない」であった。

## 8. 閉経後女性 (60歳以下) における骨量を従属変数とした重回帰分析 (表8)

閉経後女性の重回帰分析は、独立変数の中には60歳以下に限る項目があるため、60歳以下に絞った解析を行った。最も寄与度が高かったのは年齢であり、以下 BMI (肥満度)、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「骨折歴あり」であった。これらの要因は、年齢制限なしの解析でも有意性を得ていた。また、身長減少は、年齢制限なしで行った解析では、 $p < 0.05$  の有意性を得たが、60歳以下の解析では有意ではなかった。

閉経後女性においては、年齢と閉経後年数が高い正の相関0.8が認められ、多重共線性の問題が

生じることから、各々を同時に入れないモデルを作成し別々に分析したところ、閉経後年数は年齢と同等の標準偏回帰係数と有意性を示しており、その寄与度はほぼ等しかった。

## Ⅳ 考 察

### 1. 超音波式骨量測定法の信頼性と妥当性について

近年、超音波法による骨量測定装置が開発され、骨粗鬆症検診の一環として集団レベルで骨量が測定されるようになってきている<sup>8,9)</sup>。超音波による骨量測定が採用される背景には、非侵襲的であること、X線による測定と比較して被曝の恐れが無いこと、比較的移動可能なこと、測定時間は約10分で済み多数例を対象とした検診に適していることなどの利点がある。その信頼性も高く、すでに報告されているとおりである<sup>5,10,11)</sup>。

一方で、算出される骨量の指標である stiffness の値の有用性がまだ確立されていないとして、その評価は慎重になるべきであるとの指摘もある<sup>12)</sup>。その理由として、stiffness を算出する式の物理的、医学的根拠が明らかでないこと、すでに骨密度測定において精度や汎用性において定評のある基準的な測定法ともいえる二重エネルギー X 線吸収法 (DXA 法)<sup>13)</sup> で測定した骨密度との相関については、一致した見解が得られていないことなどがあげられる<sup>12,14~17)</sup>。

実際に超音波法によって測定している骨量は、X線を用いる他の骨密度測定法とは異なり、骨密度に骨の性質を加味した骨強度を測定しているとされている<sup>5)</sup>。それゆえ、DXA 法による骨密度との相関が小さい場合もあるのは当然ともいえる。また、これら2つの測定法の実際の比較においては、DXA 法では、腰椎、大腿骨 (近位部、大転子、ワード氏三角) 等を測定し、超音波法では踵骨を測定していることが多いが、比較する部位を一致していない場合に相関が低い傾向にある。DXA 法と超音波法での相関を初めとする両者の比較研究において<sup>12,14~17)</sup>、その評価が一定していないのはこれらの要因も大きいと考えられる。実際に、DXA 法にて踵骨を測定した骨密度と超音波法で測定した骨量との相関が0.7前後と報告されており<sup>14,17)</sup>、部位を一致させれば高い相関が

得られることも示されている。

さらに、超音波法から得られる stiffness 値が骨粗鬆症による骨折を予測するうえでも有用であることも Sakata らによって明らかにされている。彼らは、日本人女性の椎骨または大腿骨頸部の骨折者138人と年齢をマッチさせた同数の健常者の比較において、骨折者の stiffness 値が有意に低下しており、stiffness 値の低下が骨折のリスクの上昇と密接な関連があることを明らかにしている<sup>18)</sup>。同様の結果は、我が国のみならず他国においても報告されている<sup>19,20)</sup>。しかもこれらの報告は、踵骨の stiffness 値が大腿骨の骨密度と独立した骨折予測因子として報告されている。これはすなわち大腿骨頸部骨折が stiffness 値によっても予測できることを示している。

このように、超音波法による stiffness 値は物理的、医学的根拠など問題点も残っているが、DXA 法との相関も悪くなく、骨折という現在標的となっている最終的な結末の有意な予測因子となっており、その安全性や利便性も考慮すれば、超音波による骨量の測定意義は十分高いと考えられる。

### 2. 骨量に関連する年齢、閉経、肥満度、スポーツについて

本研究においては、石川県の地域住民に行った骨粗鬆症検診から得られたデータを元に、骨量と栄養・運動習慣等の生活習慣との関連についての横断的研究を行った。そして最終的に低骨量と関連する因子がいくつか抽出された。

年齢と閉経もしくは閉経後年数が骨量低下因子であることや、肥満度が骨量と正の相関を持つことは、諸家の報告<sup>8,9,21~25)</sup>で指摘されており、すでに我々も確認しているところである<sup>26,27)</sup>。年齢と閉経後年数の骨量への影響を二元配置分散分析によって分析したところ (結果には示さず)、年齢の方が骨量の分散をより説明しており、また、閉経後年数より閉経の有無の方が骨量への影響は大きいとの結果を得ている。したがって、保健指導においては、年齢と閉経の有無をまず把握しておくことが基本となるであろう。

今回は運動と栄養に関する項目を中心に質問調査を行っているが、栄養関連の項目よりむしろ、運動関連の項目が寄与度が高い結果であった。それは、閉経前女性のみならず、閉経後女性におい



てもまた同様であった。運動負荷が骨量を高めることは良く知られた事実であるが<sup>28)</sup>、本研究でも、中学時代にスポーツクラブに属することと現在のスポーツ習慣があることが骨量に好ましい影響があることが示された。これは、現在または過去のスポーツによる運動負荷が骨量増加に寄与する可能性を示唆している。

特に、最大骨量を迎える17歳から18歳以前に相当する中学時代のスポーツクラブの影響の方が大きいことは注目値する。これは、最大骨量が定まる頃の運動負荷が閉経前の女性においては重要な骨量増加因子となることを示唆している。また、閉経後女性においても中学時代のスポーツ歴が抽出されていることは、閉経前期にスポーツによって獲得した骨量が閉経後になっても、高い骨量の維持に有利に働いていることを示唆している。

今後の疫学的研究の蓄積によりこれらの結果がさらに確実なものになるなら、中学時代のスポーツクラブ参加は、骨粗鬆症予防のためにもより推奨できるかもしれない。

### 3. 骨量に寄与する要因としてのカルシウム摂取について

本研究対象の閉経前女性において、乳製品の毎日摂取群が有意に高い骨量を示したが、我々がかつて小集団で行った分析の結果では乳製品摂取頻度別の分析においては有意性を示しておらず<sup>26)</sup>、他の報告においても有意差を認めていない<sup>24)</sup>。

カルシウムが骨密度を高めかつ骨粗鬆症による骨折を予防するうえで重要であることは、Nordin<sup>29)</sup>や Matkovic ら<sup>30)</sup>によって明らかにされている。それにもかかわらずカルシウム摂取量や乳製品の摂取頻度と骨量との関連性が得られないことはしばしば認められる。その背景には、カルシウムの腸管からの吸収やカルシウムの体外への喪失が考慮されないことや、実際のカルシウム摂取量の正確な評価が困難なこと、たとえ厳密に評価できたとしても、過去の摂取量との乏しい相関しか認めないこと等が指摘されている<sup>31)</sup>。したがって、このような食物摂取調査から得られるカルシウム摂取量の限界を知った上で、保健指導に活用しなくてはならないであろう。

### 4. 指標としての骨折の既往、身長減少、現存歯数、関節痛について

閉経後女性においては、骨折既往が低骨量と有意に関連していた因子であったが、骨折部位別の検討では有意差を認めなかった。残念ながら骨折の時期や原因については把握していないため、骨量低下が骨折の原因であるとの確証は本調査からは得られなかった。しかし、大腿骨頸部骨折や、脊椎骨折、橈骨骨折などは骨粗鬆症と関係の深い骨折であり、それらの既往者は相応の骨量低下がある者として取り扱う必要がある。

身長減少に関しては、以前より骨量低下の指標としての有用性も指摘されている<sup>25,32)</sup>。しかし、本調査のように本人の申告による20歳時の身長はリコールバイアスの問題を抱えていることから、これを保健指導の根拠として用いるにはいささか客観性に乏しい。したがって、身長変化を骨量低下の指標として活用する場合は、過去の検診のデータなど確実なデータに基づいた保健指導が望まれるであろう。

閉経前女性においては、現存歯数も骨量と関連性の高い事象として抽出された。閉経前女性において歯を失う原因には、齲歯や歯肉等の疾患による喪失や、栄養失調、カルシウム不足によるものなどが考えられるが、今回の対象女性にどのような原因が背景にあるか本調査結果からは不明である。骨量が減少することと歯を失いやすい環境との関連性を追求するべく、今後は最近の若い女性に常識化しているダイエットの習慣も含め、歯を失った原因も解析対象に追加する必要がある。

閉経前女性でもう一つ抽出された関節痛については、腰痛を含めた関節痛が骨粗鬆症の主要な自覚症状と言われ、低骨量との関連性を指摘する報告<sup>9,25)</sup>もある。しかし、今回得られた閉経前の女性の関節痛の平均骨量から考えて、骨粗鬆症関連の痛みととらえるよりはむしろ、骨粗鬆症にまで至らないレベルでの低骨量の兆候を示唆する現象としてとらえるべきであろう。

年齢や閉経に加えて、これらの要因を骨量低下の徴候としてとらえれば、早い時期から骨量低下が診断できる情報として利用できる可能性がある。骨量低下が早期に診断されれば、早期に骨量低下予防もしくは骨量増加のための保健指導を行うようにすることで、より早い段階での骨粗鬆症

予防対策が可能になるであろう。

## V 結 語

1995年から1996年に石川県の地域女性住民を対象に超音波式踵骨骨量測定を行い、骨量と栄養・運動習慣を中心とした質問項目との関連について横断的研究を行った。

1. 年齢層が高い群は低い平均骨量を示し、同じ年齢層でも閉経者の方がさらに低い平均骨量を示していた。また肥満度の低い群が低骨量を示していた。

2. 閉経前女性において低骨量と有意に関連していた項目は、年齢、低いBMI(肥満度)、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「定期的なスポーツをほとんどしない」、「日常生活はほとんど動かない」、「関節痛あり」、「既存歯数10本以下」、「乳製品を毎日摂取しない」であった。

3. 閉経後女性において低骨量と有意にしていた項目は、年齢、低いBMI、「中学時代スポーツクラブに所属しない」、「骨折歴あり」、「閉経後年数が長いこと」であった。

本研究で得られた低骨量と有意に関連していた要因は、将来の骨折のリスクをあげる危険因子であり、また、骨量の低下を示唆する重要な徴候の1つである。これらの要因は、積極的に保健指導にとり入れ、骨量低下の一次予防、二次予防に活用すべきであろう。特に中学時代のスポーツクラブ参加は、閉経後の骨粗鬆症の予防のために薦められるかもしれない。

本研究におきまして、骨粗鬆症検診にご協力を戴きました石川県予防医学協会の皆様に深謝申し上げます。尚、本研究の対象集団の一部を分析した結果は、平成7年10月に行われた第54回日本公衆衛生学会(山形)にて発表した。

(受付 '98. 9. 9)  
(採用 '99. 6. 29)

## 文 献

- 1) 能勢隆之, 大城 等, 中村達彦, 山本吉蔵. 老人保健と骨粗鬆症. 公衆衛生 1991; 55: 4-6.
- 2) 伊木雅之. 骨量減少のリスクファクター. 公衆衛生 1994; 58(6): 387-390.
- 3) 橋本 勉, 笠松隆洋, 清水教永. 骨粗鬆症の早期発見—骨折の予防. 公衆衛生 1994; 58(6): 383-386.
- 4) 岡村光秀, 越智宏暢: Dual energy X-ray absorptionmetry (DXA) による骨塩定量測定の意義. 医学のあゆみ1993; 165: 620-624.
- 5) 福永仁夫, 武田直人. 骨粗鬆症と超音波診断. 医学のあゆみ1993; 165: 625-628.
- 6) Marija J Norusis. SPSS Base System 統計編. Chicago: SPSS Inc. 1993; 1-1-16-25.
- 7) Marija J Norusis. SPSS Advanced Statistics. Chicago: SPSS Inc. 1993; 1-1-16-25.
- 8) 中村美詠子, 青木伸雄, 那須恵子, 他. 地域における骨粗鬆症に関する疫学的研究—超音波骨密度測定装置を用いた検討—. 日本公衛誌 1994; 41(12): 1152-1161.
- 9) 東あかね, 他. 京都府における超音波式踵骨骨量測定装置を用いた骨量と食生活, 生活習慣との関連についての横断研究. 日本公衛誌 1996; 43(10): 882-893.
- 10) 山崎 薫, 串田一博, 大村亮宏, 他. 超音波骨量測定装置 (Achilles Ultrasound Bone Densitometer) の使用経験 測定精度と有用性の検討. Therapeutic Research 1992; 13(8): 585-593.
- 11) 游 逸明, 山本逸雄, 高田雅彦, 他. 超音波法を用いた骨量評価法について—踵骨超音波測定装置 Achilles の使用経験—. Therapeutic Research 1992; 13(9): 233-241.
- 12) 鈴木隆雄, 楠本綾乃, 永井晴美, 他. 閉経期女性の骨密度測定法の差異による骨量評価についての研究—DXA 法と超音波法の比較—. 日本公衛誌 1994; 43(1): 16-27.
- 13) 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(10): 997-1005.
- 14) 游逸明, 山本逸雄, 大中恭雄, 他. 超音波を使用した踵骨骨強度の測定の臨床的有用性について. 日本医放会誌 1993; 53: 1340-1346.
- 15) 金木正夫, 設楽 武, 白木正孝. 骨超音波伝導測定装置「Achilles」の基礎的および臨床的検討. 日本骨代謝学会誌 1993; 11(3): 298.
- 16) 林 雅俊, 漆原 彰. 超音波骨測定装置 Contact Ultrasonic Bone Analyzer による骨強度測定. 日本骨代謝学会誌 1993; 11(3): 388.
- 17) 岩本喜久子, 西藤成雄, 山村恭代, 他. 剖検体抽出踵骨の骨密度—DXA 法, QCT 法, 及び USD 法による測定値の相関—日本老年医学会誌 1996; 33(8): 597-602.
- 18) Sakata S, Kushita K, Yamazaki K and Inoue T. Ultrasound bone densitometry of os calcis in elderly Japanese women with hip fracture. Calcif Tissue Int 1997; 60: 2-7.
- 19) Schott AM, Weill-Engerer S, Leahey D et. al. Ultrasound discriminates patients with hip fracture

- equally as well as dual energy x-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 243-249.
- 20) Turner CH, Peacock M, Timmerman L et al. Calcaneal ultrasonic measurements discriminate hip fracture independently of bone mass. *Osteoporosis Int* 1995; 5: 130-135.
- 21) 小山英則, 西沢良記. 肥満・やせと骨塩量. *医学のあゆみ* 1991; 165: 601-605.
- 22) 梶田悦子, 伊木雅之, 西野治身, 他. 中高年女性の腰椎骨密度とそれに影響する要因. *日衛誌* 1994; 49: 674-683(1994).
- 23) 西野治身, 田中朋子, 土肥祥子, 他. 中高年女性の腰椎骨密度とそれに関連する要因(第2報)骨代謝の生化学指標からみた年齢および閉経の骨密度への影響. *日衛誌* 1994; 49: 807-815.
- 24) 上田晃子, 吉村典子, 森岡聖次, 他. 骨密度に影響を及ぼす要因に関する検討—和歌山県一地域における骨密度調査より—*日本公衛誌* 1996; 43(1): 50-61.
- 25) 宮村季浩, 山縣然太郎, 飯島純夫, 他. 骨粗鬆症危険因子の骨塩量に与える影響についての検討. *日本公衛誌* 1994; 41(12): 1122-1130.
- 26) 長瀬博文, 岡沢孝雄, 吉田雅美, 他. 成人女性における超音波測定による踵骨骨密度の成績とそれに影響を与える要因. *北陸公衛誌* 1994; 21(1): 28-32.
- 27) 長瀬博文, 広川 渉, 岡沢孝雄, 他. 超音波骨塩定量法による骨粗鬆症集団検診の成績—閉経と年齢の影響を中心に—. *日本公衛誌* 1994; 42(10): 860.
- 28) 佐藤哲也, 小池達也. 運動と骨粗鬆症医学のあゆみ 1993; 165(9): 581-584.
- 29) Nordin B. E. C. International patterns of osteoporosis. *Clin Orthop and Related Research* 1966; 245: 17-30.
- 30) Mactovic 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.
- 31) Heaney, R. P. Calcium in the prevention and treatment of osteoporosis. *J Int Med.* 1992; 231: 168-180.
- 32) Kleerekoper M, Nelson D, Peterson E. L., et al. Outcome variables in osteoporosis trials. *Bone.* 1992; 13 Suppl: S29-34.

## CROSS-SECTIONAL STUDY OF FACTORS RELATED TO ACHILLES BONE MINERAL DENSITY MEASURED BY AN ULTRASOUND SYSTEM

Hirofumi NAGASE\*, Koichi HAYASHI<sup>2\*</sup>, Hiroyuki NAKAMURA\*, Akihiro YAMADA\*, Keiki OGINO\*

**Key words:** Bone mineral density, Sports, Nutrition, Stiffness

A cross-sectional study was conducted to examine the relationship between bone mineral density (BMD) and life-style related factors including exercise and dietary habits in 1016 pre-menopausal women and 856 post-menopausal women in Ishikawa Prefecture, Japan.

The achilles BMD in 1,872 women ages between 19 and 85 years were measured from 1995 to 1996 by an ultrasound system. The stiffness index calculated by the Lunar Achilles ultrasound machine was used as the BMD in this analysis.

Self-administered questionnaires were used to obtain the following information: medical history, pregnancy, delivery and menstrual history, height at 20-years of age, present number of teeth, fracture history, sports exercise history, food intake frequency, smoking and drinking history, and daily physical activity.

Analysis of covariance and multiple regression analysis were performed to evaluate the contribution of life-style related factors to BMD after adjustment for age and BMI (Body mass index) in pre- and post-menopausal women, respectively. Results were as follow:

1) BMD was inversely associated with increasing age in pre- and post-menopausal women. The BMD level of post-menopausal women were lower than that of pre-menopausal women in each 5-year age group. The pearson's correlatin coefficient between age and BMD was significant at  $-0.25$  and  $-0.44$  in pre- and post-menopausal women, respectively.

2) Body mass index (BMI) and BMD were positively correlated in pre- and post-menopausal women.

3) In pre-menopausal women, lower BMD was associated with the following factors: age, lower BMI, no history of joining a sports club in junior high school, absence of current regular sports, being inactive in daily life, having joint pains, lower number of remaining teeth and lower dairy product intake.

4) In post-menopausal women, lower BMD was associated with the following factors: age, lower BMI, no history of joining a sports club in junior high school, past history of fracture and longer post-menopausal years.

Factors associated with lower BMD in this study were regarded as risk factors for future osteoporotic fractures in the elderly, or signs of lower BMD. Therefore, the information of these factors should be employed in health education for the prevention of osteoporosis. Especially, participating in a sports club while in junior high school may be a recommendation for acquiring higher BMD even in the post-menopausal period.

---

\* Department of Public Health, School of Medicine, Faculty of Medicine, Kanazawa University

<sup>2\*</sup> Department of Foods and Human Nutrition, Faculty of Human Life Science, Notre Dam Seishin University