

# 超音波測定法による「骨密度検診」の 有用性と生活習慣との関連

岡山大学医学部衛生学講座 (指導: 青山英康教授)

木 村 博 承

(平成12年1月17日受理)

Key words : 「骨密度検診」, 超音波測定法, 生活習慣

## 緒 論

平均寿命で男女ともに世界第1位を誇る我が国は、国際的に他に例を見ない急速な少子高齢社会を迎えており、明治維新以後、全ての近代化を「欧米先進諸国に追いつけ、追い越せ」を国是として取り組んできただけに、今日の我が国における国民の健康問題への取り組みにおいて、国民一人ひとりの創意・工夫とともに、専門職の指導性の発揮が求められている<sup>2,3)</sup>。

また、年々増大する医療費、とくに老人医療費は医療保険制度の健全な運営に重大な影響を与えているとの視点から、多種多様な方策が取られつつある<sup>4,5)</sup>。その中の一つとして「寝たきり零作戦」<sup>6)</sup>があり、とくに女性の中高齢者の骨粗鬆症による転倒後の「寝たきり予防策」として、近時「骨密度検診」が各市町村で実施されるようになった<sup>7)</sup>。しかし、実施された「骨密度検診」の結果の判断と事後措置としての対策については、いまだ確定された方策がない<sup>8)</sup>。その理由は、閉経後における女性の骨密度の低下が食生活におけるCaの摂取不足によるのか<sup>9)</sup>、不足によるとしても、何歳時の摂取量が重要なのか<sup>10)</sup>、内分泌系の障害によるのか<sup>11)</sup>、更年期障害として捉えるべきなのか<sup>12)</sup>、それとも骨粗鬆症と呼ばれる整形外科的な疾患によるのか<sup>13)</sup>といったように、その発症原因や発症機序についても、いまだ不明な点が多い<sup>14)</sup>ためと推察しうる。しかし、その測定結果に基づいた的確な保健活動が実施されることが重要であり、様々な検診に関する模索が全国で試みられているが、未だ「骨

密度検診」と骨粗鬆症予防活動とを一体化した学問的に合理性のある体制は確立されていない。

本研究は現在、各市町村で実施されている「骨密度検診」の各種測定法について、その関連を検討するとともに、「骨密度検診」における測定結果と生活習慣との関連についても検討し、「骨密度検診」後の生活指導の資料を得たいと考えた。

なお、測定法の1つである超音波測定においては、厳密には骨密度そのものを算出するわけではないため、いわゆる骨密度測定検診という意味で、「骨密度検診」という用語を用いた。

## II 調査対象及び方法

本研究は、まず測定機関を同じくする一定地域—M町において「骨密度検診」を受診した女性203名を対象として、

- (1) ルナー DPX- $\alpha$  (Lunar 社, 米国) を用いた腰椎 (第2-4腰椎) 及び橈骨 (遠位1/3部位) の骨密度を測定する DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry)
- (2) オステオアナライザー SXA 2000 (ダブメディカルシステムズ社, 米国) を用いた踵骨の骨密度を測定する SXA (Single Energy X-ray Absorptiometry)
- (3) アキレス A-1000 PLUS (Lunar 社, 米国) を用いた踵骨の Stiffness Index を測定する超音波 (QUS: Quantitative Ultrasound Imaging)

の3方式による「骨密度検診」をそれぞれ行い、測定方法による測定結果の相異を比較検討した。

なお QUS は、測定値である超音波伝導速度 (SOS: Speed of Sound) 及び広帯域超音波減衰係数 (BUA: Broadband of Ultra-sound Attenuation) から計算して導かれる骨強度の指標となり得る Stiffness Index を評価に用いた。

次に、QUS を採用した山間地の M 町 (女性 203 人) および K 町 (女性 247 人) と海浜地である H 町 (女性 177 人) の三つの異なる地域において、測定医療機関が異なるが測定方法を同じくする測定結果を比較検討した。

測定時期は 3 町とも同じ年に行われ、M 町は 8-9 月、K 町は 10-12 月、H 町は 12 月であった。

さらに、QUS による受診者女性 627 人の測定結果について、

- (ア) 年齢や身長・体重などの体格
- (イ) 初潮年齢と閉経年齢
- (ウ) 妊娠、分娩、授乳などの経験の有無
- (エ) 既往歴
- (オ) 家族歴
- (カ) 日常生活の中での身体活動
- (キ) 喫煙、飲酒などの嗜好
- (ク) 食習慣

などの生活状況を測定時に自記式問診票により調査した。さらにこれらは回収時に保健婦に点検してもらい、「骨密度検診」における測定値と

体格、生活状況などとの関連を検討した。

## 調査結果

### (1) 測定方式による測定結果の比較

表 1 に、測定対象者が共通する各種の測定—DXA (腰椎), DXA (橈骨), SXA (踵骨), QUS (踵骨)—の測定値を比較検討した結果を示す。相関係数 0.596 から 0.814 とほぼ一定水準で有意の相関を認めた。特に測定部位を同じくする SXA と QUS との相関が最も高かった。

また表 2 に、同一人に対する DXA (腰椎) と QUS (踵骨) による測定結果を示す。年齢層が高くなるにつれて、相関係数が漸次小さくなり 60 歳以上では有意差はなくなった。

### (2) 測定医療機関による測定結果の比較

表 3 に、測定方式としては QUS を採用しているが、測定医療機関が異なる三つの地域—M 町と H 町と K 町の測定値を 1 元配置の分散分析及びボンフェローニの方法による多重比較によって比較検討した結果を示す。H 町の受診者の年齢構成は他の 2 町と比較して有意に高く、Stiffness Index の平均値においても他の 2 町と比較して有意に低かった。一方、年齢構成において

表 1 各種骨塩量測定法による測定値間の相関係数

	DXA (橈骨)	SXA (踵骨)	QUS (踵骨)
DXA (腰椎)	0.668**	0.782**	0.624**
DXA (橈骨)		0.712**	0.596**
SXA (踵骨)			0.814**

\*\* p < 0.01

表 2 同一人に対する DXA (腰椎) と QUS (踵骨) による測定値の相関

年齢階層	n	相関係数
AGE < 30	40	0.5771**
30 ≤ AGE < 40	39	0.5054**
40 ≤ AGE < 50	39	0.4430**
50 ≤ AGE < 60	41	0.3263*
60 ≤ AGE	44	0.2111

\* p < 0.05 \*\* p < 0.01

表 3 M 町, H 町, K 町における年齢構成比較

対象地域	対象人数 (人)	年齢 (歳)	Stiffness Index
M 町	203	44.98 ± 15.05	87.12 ± 14.92
H 町	177	59.59 ± 15.33	68.36 ± 15.91
K 町	247	45.66 ± 14.75	81.36 ± 14.36

mean ± S. D. \* p < 0.05

解析方法: 1 元配置の分散分析及びボンフェローニの方法による多重比較

は統計学的に有意差を認めなかったM町とK町との間にも、Stiffness Indexの平均値に有意差が認められた。

表4に、M町とK町における生活状況調査項目についての集計結果を示す。χ<sup>2</sup>分布を用いた2つの母比率の差の検定により、月経状況、出産・授乳経験の有無、既往歴の有無については母比率の差に有意差を認めなかったが、日光に当たる時間、一日の歩行時間、喫煙、飲酒、緑黄色野菜の摂取それぞれの頻度において母比率の差に有意差を認めた。

表5及び図1に、Stiffness Indexを測定した

3町での対象者合計627人の年齢と Stiffness Index との関係を示す。5歳階層の年齢層別に示す。5歳階層年齢群別の QUS における Stiffness Index の平均値は、40歳代前半に比較して後半では4.3%、50歳代前半に比較して後半では8.8%、60歳代後半に比較して70歳代前半では15.8%、それぞれより低い値であった。

### (3) Stiffness Index と諸要因との関連

表6に示すように、身長と Stiffness Index との間には有意な正の相関(相関係数  $r = -0.121$ ,  $P < 0.01$ ) が認められたが、一方、初潮年齢、出産経験回数及び授乳経験回数については、負

表4 M町とK町との各項目別における有意差の有無

項目	地域	カテゴリー		有意差
		順調, 不規則	閉経	
月経状況	M町	132	36	
	K町	144	57	
出産経験の有無	M町	141	43	
	K町	160	50	
授乳経験の有無	M町	131	46	
	K町	149	58	
日光に当たる時間	M町	128	75	]*
	K町	133	114	
一日の歩行時間	M町	107	62	]**
	K町	96	185	
喫煙の有無	M町	107	96	]**
	K町	62	185	
飲酒の有無	M町	107	96	]**
	K町	62	185	
緑黄色野菜の摂取	M町	163	29	]*
	K町	181	57	

解析方法：χ<sup>2</sup>分布を使用した2つの母比率の差の検定

\*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$

表5 5歳年齢階層別骨密度

年齢(歳)	n	Stiffness Index
20 ≤ Age < 25	50	96.40 ± 12.21
25 ≤ Age < 30	40	92.37 ± 14.86
30 ≤ Age < 35	49	88.41 ± 11.50
35 ≤ Age < 40	59	88.73 ± 11.62
40 ≤ Age < 45	57	88.79 ± 11.60
45 ≤ Age < 50	53	84.94 ± 11.32
50 ≤ Age < 55	64	82.09 ± 11.18
55 ≤ Age < 60	58	74.88 ± 12.89
60 ≤ Age < 65	59	70.00 ± 12.06
65 ≤ Age < 70	85	67.12 ± 8.97
70 ≤ Age < 75	22	56.50 ± 7.02
75 ≤ Age < 80	18	52.83 ± 9.06
80 ≤ Age	13	46.92 ± 9.11

\*P &lt; 0.05 mean ± S.D.

解析方法: Levene's Test による等分散性の検定及びボンフェローニの方法による多重比較

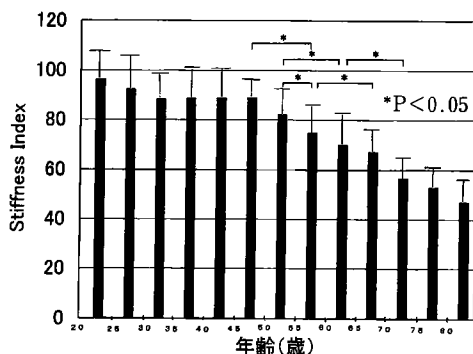


図1 5歳年齢階層別 Stiffness Index

表6 身長, 体重, 初潮年齢, 出産, 授乳経験回数と Stiffness Index との関連

項目	相関係数
身長	0.121**
体重	0.072
初潮年齢	-0.243**
出産経験回数	-0.235**
授乳経験回数	-0.213**

\*\* p &lt; 0.01

の相関(初潮年齢: 相関係数  $r = -0.243$ ,  $P < 0.01$ , 出産経験回数: 相関係数  $r = -0.235$ ,  $P < 0.01$ , 授乳経験回数: 相関係数  $r = -0.213$ ,  $P < 0.01$ )が認められ, 体重との相関は認められなかった。

表7に, 疾病の既往の有無と Stiffness Index との関係を, Levene's Test による等分散性の検定結果及び t-test による2つの母平均の差の検定結果を踏まえて示す。高血圧, 肝臓病, 骨粗鬆症において疾病の既往の有無により Stiffness Index の平均値に有意差が認められ, 高血圧症では50歳以上( $P < 0.01$ ), 肝臓病では30歳以上50歳未満( $P < 0.01$ ), 骨粗鬆症では50歳以上60歳未満( $P < 0.01$ )の年齢階層の既往歴の有無で, それぞれ既往歴のない群の方が既往歴を有する群よりも Stiffness Index の平均値が高かった。なお, 高脂血症, 糖尿病においては, 各年齢階層別では有意差は認められなかった。

表8に, 骨折の経験や腰痛の有無と Stiffness Index との関連性を, Levene's Test による等分散性の検定結果及び t-test による2つの母平均の差の検定結果を踏まえて示す。30歳未満の年齢層において骨折経験を有する群が骨折経験を有しない群より骨密度が有意に高かった。腰痛については, 安静時及び運動時の腰痛の有無と Stiffness Index の平均値との関連を年齢階層別に検討したが, 有意差は認められなかった。日光を浴びる時間と Stiffness Index の平均値との関係については, 日光を浴びる時間が1時間以上の群と1時間未満の群の間では, Stiffness Index の平均値に有意差が見られ, 1時間以上の群の方が1時間未満の群よりも Stiffness Index の平均値は低かった。

表9に, 身体活動と Stiffness Index との関連を, Levene's Test による等分散性の検定結果及び t-test による2つの母平均の差の検定結果を踏まえて示す。30歳以上40歳未満の年齢階層群で一日歩行時間が1時間未満と1時間以上の群については1時間未満の群の方が, また30歳以上50歳未満の年齢階層群で運動習慣の有無別の群間では運動習慣のある群の方が, さらに30歳以上50歳未満の年齢階層群で若年時における運動習慣の有無別の群間においては運動習慣

表7 疾病の既往と踵骨の超音波 Stiffness Indexとの関連

項目	n	Stiffness Index	年齢(歳)	
高血圧	あり	63	70.14±16.97	64.59±11.19
	なし	564	80.61±16.36**	47.67±15.91**
Age<30	あり	2	88.00±28.28	
	なし	87	90.87±15.23	
30≤Age<50	あり	7	79.00±18.17	
	なし	211	84.46±15.30	
50≤Age	あり	54	68.33±16.09	
	なし	265	74.25±14.85**	
肝臓病	あり	21	71.76±14.61	54.62±14.00
	なし	606	79.83±16.73*	49.19±16.36
Age<30	あり	1	105.00	
	なし	89	94.49±13.55	
30≤Age<50	あり	8	78.50± 7.78	
	なし	210	88.10±11.53*	
50≤Age	あり	12	64.50±12.60	
	なし	307	69.91±14.18	
骨粗しょう症	あり	9	67.00± 5.22	62.33± 4.33
	なし	618	79.74±16.75**	49.18±16.34**
Age<50	あり	0		
	なし	308	89.76±12.53	
50≤Age<60	あり	4	72.00± 2.16	
	なし	118	78.89±12.65**	
60≤Age	あり	5	63.00± 2.45	
	なし	192	64.19±12.28	
高脂血症	あり	37	71.59±15.19	60.38± 9.42
	なし	590	80.05±16.69**	56.26±14.83**
Age<50	あり	5	86.00±16.39	
	なし	303	89.82±12.48	
50≤Age	あり	32	69.34±13.95	
	なし	287	69.75±14.19	
糖尿病	あり	8	70.00± 9.91	63.88±8.48
	なし	619	79.68±16.75*	49.18±16.30**
Age<50	あり	1	88.00	
	なし	307	89.76±12.55	
50≤Age	あり	7	67.43± 7.28	
	なし	312	69.76±14.26	

\*P&lt;0.05 \*\*P&lt;0.01 mean±S.D. mean±S.D.

解析方法：Levene's Testによる等分散性の検定及びt-testによる2つの母平均の差の検定

表8 骨折経験や腰痛の有無と Stiffness Index との関連

項 目	n	Stiffness Index	年 齢(歳)
過去の骨折	あり 65 なし 528	74.06±19.35 80.62±16.29**	58.35±14.75 47.79±16.25
Age<30	あり 5 なし 82	106.80±19.28 93.72±12.60*	
30≤Age<50	あり 10 なし 206	86.80±13.27 87.82±11.55	
50≤Age	あり 50 なし 240	68.24±15.78 69.96±14.12	
安静時の腰痛	あり 152 なし 475	79.47±15.31 79.58±17.15	50.79±14.25 47.83±17.65*
Age<30	あり 14 なし 69	91.14±17.25 96.00±12.49	
30≤Age<50	あり 53 なし 122	87.85± 9.97 87.52±12.48	
50≤Age	あり 78 なし 124	74.68±12.87 72.08±12.92	
運動時腰痛	あり 232 なし 270	77.66±17.43 82.05±16.95**	45.14±16.87 52.01±16.05**
Age<30	あり 26 なし 57	93.65±15.47 95.46±12.62	
30≤Age<50	あり 76 なし 106	88.46±12.44 87.48±12.05	
50≤Age	あり 132 なし 105	68.43±14.09 69.19±14.66	
日光浴時間	<1 h 285 ≥1 h 318	84.76±15.09 74.56±16.68**	42.85±14.20 55.57±15.72**
Age<30	<1 h 66 ≥1 h 22	94.70±13.47 93.86±14.31	
30≤Age<50	<1 h 133 ≥1 h 74	87.93±10.83 87.39±12.58	
50≤Age<70	<1 h 88 ≥1 h 169	73.78±12.20 72.16±12.33	
70≤Age	<1 h 4 ≥1 h 47	51.25± 6.13 53.49± 9.11	

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01 mean±S.D. mean±S.D.

解析方法：Levene's Test による等分散性の検定及び t-test による2つの母平均の差の検定

のあった群の方が、それぞれ Stiffness Index の平均値が統計学的に高かった。

表10に、嗜好である喫煙、飲酒と Stiffness Index との関連性を、Levene's Test による等

分散性の検定結果及び t-test による2つの母平均の差の検定結果を踏まえて示す。年齢階層別にはそれらの習慣と Stiffness Index の平均値との間には有意差が認められなかった。

表9 身体活動と Stiffness Index との関連

項 目	n	Stiffness Index	年 齢(歳)
一日歩行時間 <1 h	199	84.70±15.19	43.82±15.13
≥1 h	405	77.04±16.77**	52.10±16.18**
Age<30 <1 h	32	93.44±11.35	
≥1 h	53	94.72±14.48	
30≤Age<40 <1 h	56	91.27±10.19	
≥1 h	51	85.78±12.34*	
40≤Age<50 <1 h	53	88.70±12.25	
≥1 h	53	85.09±10.67	
50≤Age<60 <1 h	20	79.30±11.07	
≥1 h	96	78.92±12.53	
60≤Age<70 <1 h	27	68.78±10.04	
≥1 h	111	68.43±10.74	
70≤Age <1 h	11	55.55± 8.61	
≥1 h	41	51.83± 8.78	
運動習慣 あり	81	82.88±17.31	46.59±17.43
なし	455	79.71±16.30	48.72±15.95
Age<30 あり	18	93.56±12.10	
なし	65	94.75±14.49	
30≤Age<50 あり	29	91.52±10.77	
なし	165	86.62±11.17*	
50≤Age<70 あり	28	74.04±13.97	
なし	189	67.48±12.45	
70≤Age あり	6	50.33± 6.12	
なし	36	53.56± 9.40	
若年時運動 あり	207	86.01±15.27	40.07±14.73
なし	344	75.18±16.33**	54.80±15.17**
Age<30 あり	18	92.88±12.91	
なし	62	87.95±12.93	
30≤Age<50 あり	29	91.52±10.77	
なし	165	86.62±11.17*	
50≤Age<70 あり	23	74.04±13.97	
なし	189	73.48±12.45	
70≤Age あり	6	50.33± 6.12	
なし	36	53.56± 9.40	

\* p < 0.05 \*\* p < 0.01 mean±S.D. mean±S.D.

解析方法：Levene's Testによる等分散性の検定及び t-test による2つの母平均の差の検定

表11に、食生活習慣と Stiffness Index との関連について、Levene's Test による等分散性の検定結果及び t-test による2つの母平均の差の検定結果を踏まえて示す。小学生の頃に牛乳

を飲んだ頻度について、50歳以上70歳未満で摂取の有無と Stiffness Index の平均値に有意差が認められ、摂取した群の方がしなかった群より高かったが、小魚の摂取については年齢階層

表10 嗜好の有無と Stiffness Index との関連

項 目	n	Stiffness Index	年 齢(歳)
喫煙の有無	あり	24	78.00±12.61
	なし	569	79.78±17.08
Age<30	あり	0	
	なし	87	94.75±13.68
30≤Age<50	あり	15	83.47± 9.72
	なし	194	88.06±11.83
50≤Age<60	あり	4	75.25± 3.40
	なし	110	79.04±12.63
60≤Age	あり	5	63.80±14.27
	なし	36	63.92±12.47
飲酒の有無	あり	89	81.63±15.08
	なし	501	79.42±17.23
Age<30	あり	9	87.44±13.80
	なし	77	95.68±13.57
30≤Age<50	あり	45	87.44±12.33
	なし	169	87.81±11.48
50≤Age<70	あり	28	76.79±12.79
	なし	209	72.59±12.61
70≤Age	あり	7	56.14±7.71
	なし	46	52.41± 9.11

\* p&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01 mean±S. D. mean±S. D.

解析方法：Levene's Testによる等分散性の検定及び t-test による2つの母平均の差の検定

別の比較で有意差は認められなかった。なお魚の摂取においては、50歳以上70歳未満の年齢層において、摂取していない群の方が摂取している群よりも Stiffness Index の平均値が有意に高かった。また、大豆・納豆の摂取の有無と Stiffness Index の平均値の関係については、70歳以上の高齢者層で有意差が認められ、よく摂取した群の方がしなかった群より Stiffness Index の平均値が有意に高かったが、例数が少なかった。緑黄色野菜の摂取の有無については、30歳以上50歳未満の年齢層において、よく摂取した群の方がしなかった群より Stiffness Index の平均値が有意に高かった。カルシウム入り食品の摂取の有無については、年齢階層別に検討した結果では有意差は認められなかった。

#### 考 察

骨はカルシウム、リン、ハイドロキシアパタ

イトからなる骨塩(骨ミネラル)と、主としてコラーゲンからなる骨基質(有機成分)から成り、その両者の総和は骨量と称されている。骨粗鬆症は、この骨塩と骨基質の組成が正常のまま量的に減少し、さらにその微細構造がくずれ、その結果、骨の脆弱性が増し、骨折を起こしやすい状態になったものと定義されている<sup>15)</sup>。

骨粗鬆症の検診においては、骨の強度を測定する検査として、現在のところ、測定方法や測定部位により異なった方式が開発されている。骨の強度は骨の硬度や骨質(骨梁の三次元分布)と骨梁の弾性に依存しているが、骨の硬度が骨の強度の約80%を支配するという報告があり<sup>16)</sup>、骨の硬度を決める単位体積あたりの骨塩量である骨密度を測定することにより、骨の強度を評価することができる<sup>17)</sup>。

「骨密度」の測定方法は、放射線を用いた測定法と超音波を用いた測定法の2つに大別され



表11 食習慣と Stiffness Index との関連

項 目	n	Stiffness Index	年 齢(歳)
小学生時牛乳摂取 よく	303	87.08±14.22	38.04±12.58
ほとんどなし	310	72.38±15.89**	60.24±11.46**
Age<30 よく	85	94.34±13.41	
ほとんどなし	4	100.75±18.39	
30≤Age<50 よく	166	87.35±11.59	
ほとんどなし	49	89.12±10.98	
50≤Age<70 よく	48	76.75±12.43	
ほとんどなし	208	72.34±12.46*	
70≤Age よく	9	59.56±16.06	
ほとんどなし	3	64.00± 2.00	
小魚の摂取 よく	199	73.59±15.98	56.78±14.31
ほとんどなし	412	82.41±16.35**	45.59±16.11**
Age<30 よく	9	88.33±14.58	
ほとんどなし	80	95.34±13.39	
30≤Age<50 よく	42	89.90±10.39	
ほとんどなし	174	87.14±11.61	
50≤Age<70 よく	123	71.46±11.65	
ほとんどなし	130	74.18±13.07	
70≤Age よく	93	62.98±12.28	
ほとんどなし	99	65.23±12.19	
魚の摂取 よく	381	77.24±16.61	51.94±15.90
ほとんどなし	228	83.63±16.05**	44.47±16.04**
Age<30 よく	35	94.71±12.39	
ほとんどなし	54	94.57±13.14	
30≤Age<50 よく	130	87.68±11.78	
ほとんどなし	86	87.66±10.90	
50≤Age<70 よく	172	71.78±11.42	
ほとんどなし	80	75.31±14.18*	
70≤Age よく	44	53.80± 8.77	
ほとんどなし	8	49.50± 9.30	
大豆, 納豆の摂取 よく	433	77.74±17.10	52.21±15.78
ほとんどなし	176	84.01±14.98**	41.94±15.54**
Age<30 よく	38	95.50±15.22	
ほとんどなし	50	94.28±12.31	
30≤Age<50 よく	143	88.65±11.77	
ほとんどなし	73	85.77±10.48	
50≤Age<70 よく	204	72.50±12.46	
ほとんどなし	49	74.16±12.34	
70≤Age よく	48	53.50± 8.96	
ほとんどなし	4	44.25± 4.03**	

\*p&lt;0.05 \*\*p&lt;0.01 mean±S.D. mean±S.D.

解析方法: Levene's Test による等分散性の検定及び t-test による 2つの母平均の差の検定

表11 食習慣と Stiffness Index との関連

項 目	n	Stiffness Index	年 齢(歳)
緑黄色野菜摂取 よく	505	78.58±17.14	50.94±16.30
ほとんどなし	102	84.78±13.44**	40.64±14.13**
Age<30 よく	60	95.20±14.35	
ほとんどなし	29	93.45±12.05	
30≦Age<50 よく	163	88.91±11.46	
ほとんどなし	51	84.16±10.43**	
50≦Age<70 よく	272	72.56±12.31	
ほとんどなし	20	77.20±12.77	
70≦Age よく	50	52.86± 9.17	
ほとんどなし	2	51.00± 4.24	
カルシウム入り食品摂取 よく	105	72.56±14.36	57.39±13.25
ほとんどなし	494	81.30±16.86**	47.22±16.48
Age<30 よく	4	96.50± 7.51	
ほとんどなし	85	94.54±13.84	
30≦Age<40 よく	8	87.63±10.80	
ほとんどなし	98	88.38±11.40	
40≦Age<50 よく	15	84.40± 7.15	
ほとんどなし	93	87.58±12.12	
50≦Age<60 よく	21	75.86±11.34	
ほとんどなし	93	79.06±12.42	
60≦Age<70 よく	44	67.32±10.25	
ほとんどなし	86	68.99±11.05	
70≦Age よく	13	54.69± 8.47	
ほとんどなし	39	52.15± 9.20	

\* p &lt; 0.05 \*\* p &lt; 0.01 mean±S.D. mean±S.D.

解析方法：Levene's Test による等分散性の検定及び t-test による 2つの母平均の差の検定

るが、放射線を用いた測定法が一般的である。特に測定部位が腰椎の DXA は、評価がすでにある程度確立している<sup>18)</sup>。一方、QUS による測定は、X線被曝がない長所がある反面、骨粗鬆症の検診法としての評価はまだ確立していない<sup>19)</sup>。すなわち、QUS では、超音波の伝播速度(SOS)、広帯域超音波減衰係数(BUA)をもとに Stiffness Index として表現するものであるが、超音波が骨の内部を通過するときの速度は、骨密度及び骨質に影響され、また超音波の減衰は骨質により強く影響されるといわれており<sup>20)</sup>、単に骨密度の測定だけではなく、原理的には骨強度を総合的に評価した指標になりうると考えられる。しかし、いまだ Stiffness Index としてあらわ

す算出方法についての評価が確立されていない。

武田ら<sup>21)</sup>によれば、超音波伝導速度(SOS: Speed of Sound)または広帯域超音波減衰係数(BUA: Broadband of Ultra-sound Attenuation)と DXA により測定された腰椎骨密度(BMD: Bone Mineral Density)との相関係数は、それぞれ  $r = 0.733$  と  $0.427$  であり有意の相関が認められている。従って、これらの数値は骨密度や骨構造に関する海綿骨の通過速度および骨梁構造に関する減衰率と関係があることが知られている。

本研究においても、表 1 に示すように DXA(腰椎)、DXA(橈骨)、SXA(踵骨)、QUS(踵骨)について、相互間の「骨密度」測定値には、互

いに一定の相関が認められた。こうした結果から、検診による集団へのX線被曝に対する配慮からQUSによる測定値を用いて、他の測定法、特にDXAによる知見を敷衍することの妥当性があると考えられた。

そして表2に示す如く、同一人に対するDXA（腰椎）とQUS（踵骨）による測定結果では、年齢層が高くなるにつれて、相関係数が小さくなっていったことから、骨密度以外にも、腰椎の経年的な変化（骨棘・圧迫骨折など）とともに、骨質及び骨梁の弾性が若年に比し高齢になるにつれてより大きく変化すると推測される。

次に表3に示すように、QUSであるアキレスという同一機種により踵骨を測定したM町、H町、K町の3町のうち、M町、K町の2町においては年齢の構成には有意差が認められなかったが、Stiffness Index 間には有意差が認められ、M町の方がK町より有意に高かった。また、これに関連し、表4に示すようにM町とK町との間において、月経状況、出産・授乳経験の有無、既往歴の有無についてはStiffness Index 間に有意差を認めなかったが、日光に当たる時間、一日の歩行時間、及び喫煙、飲酒、緑黄色野菜の摂取それぞれの頻度においては、統計学的にStiffness Index 間に有意差を認めた。これらのことから、Stiffness Index に影響を与える要因として、日に当たる時間や運動時間、喫煙、飲酒といった嗜好、緑黄色野菜の摂取頻度の相異が、M町とK町との間におけるStiffness Index の統計学的有意差の原因になっていることが示唆される。

また伊木<sup>22)</sup>は、QUSの測定機器においては、同一人を同一機器で夏と冬に測定した結果、冬のStiffness Index は夏よりも平均3.2%高くなると報告しており、検診実施時期がM町とK町のStiffness Index の平均値に有意差を生じさせる原因の一つになっている可能性もあり、今後、検診実施時期による影響についてもさらに詳細に検討する必要がある。

現在、骨粗鬆症のスクリーニングの観点からの判定基準は、1995年に厚生省の老人保健福祉局老人保健課監修による骨粗鬆症検診マニュアル<sup>23)</sup>において、骨粗鬆症検診の対象者を40歳及び

50歳とし、超音波方式の測定結果では、40歳以上ではStiffness Index 72未満を要精密検査としている。これは森田<sup>24)</sup>が、QUSにおいては40歳以上60歳未満の女性では、30歳代女性の平均値の80%以下について精密検査が必要と結論づけたことによるものである。

しかし本研究においては、表5に示すように5歳階層年齢群別のQUSにおけるStiffness Index の平均値は、50歳代前半と後半では8.8%、60歳代後半と70歳代前半では15.8%低い値であった。そして30歳代女性の平均値の80%におけるStiffness Index の平均値は70.9であり、60歳代の前半と後半の間の骨密度に相当することから、現在の40歳及び50歳における骨粗鬆症検診時期をさらに延長するとともにその実施間隔についても配慮し、現行の実施時期に加え55歳、60歳時にも骨粗鬆症検診を実施する必要性が示唆された。

表6に示すように、身長、体重や出産、授乳経験回数とStiffness Index との関係については、身長との間に正の相関がまた出産、授乳経験回数との間に負の相関が認められたことから、カルシウム代謝系に内分泌要因の関与が示唆されるとともに、女性の出産・授乳期においては過度な家事労働などの負荷を控えるように配慮をすることの必要性が示唆された。

疾病の既往の有無については、表7に示すように、高血圧、肝疾患、骨粗鬆症などの疾病が、骨の代謝系に影響を及ぼしていることが認められたことから、「骨密度検診」を行う場合には、特に高血圧、肝疾患の既往歴についても問診を行い、事後指導に生かすことが必要であると考える。

また骨折の経験については表8に示すように、30歳未満の年齢層において骨折経験を有する群が骨折経験を有しない群よりStiffness Index の平均値が有意に高かったが、このことは若年期の骨折においては、治療過程で骨折部位ばかりでなく他の部位についても骨の強度が骨折前よりも強化される可能性が示唆された。

生活習慣の中で身体活動については、表9に示すように、30歳代の方では1日歩行時間が1時間以上の群が1時間未満の群よりStiffness

Index の平均値が有意に低かった。これは、30歳以上50歳未満の年齢階層では、現在運動習慣のある群の方がいない群に比べて、Stiffness Index の平均値が有意に高かったこと、また若年時の運動についても同じ結果であったことから、運動習慣がないか過去に運動していない者が意識的に歩行時間を増やしていることが推測される。

さらに過去の生活習慣でも、表8、表9、表11に示すように、Stiffness Index と過去の骨折の有無、若年時における運動の有無及び小学生の頃に牛乳を飲んだ頻度との間に、それぞれ統計学的に有意差が認められたことから、成長期および若年時にカルシウム摂取が多くまた運動を行っていた者は、同年齢者に比して相対的に高い骨強度を維持できると考えられた。

また、表11に示すように、過去の食習慣において、小学生の頃に牛乳を飲んだ頻度については、50歳以上70歳未満では摂取した群の方がしなかった群より Stiffness Index の平均値が有意に高かった。成長期においてより多くのカルシウムを摂取した方が中年期以後にも同年代者に対して相対的に高い「骨密度」を保持できることが示唆された。

さらに、現在の食生活習慣においても、大豆、納豆の摂取については70歳以上の年齢階層の群に、また緑黄色野菜の摂取については30歳以上50歳未満の年齢層の群において、それぞれこれらの食品をよく摂取している群の方がほとんど摂取していない群より有意に Stiffness Index の平均値が高かった。また、成人以後の食生活においてもより多くのカルシウムを摂取することの必要性が示唆された。

なお、表11における魚の摂取において、同年齢層において摂取していない群の方が摂取している群よりも Stiffness Index の平均値が有意に高く、また小魚の摂取において年齢階層別の比較で有意差は認められなかったが、これは魚の摂取にあつては通常蛋白部分のみを摂取することからカルシウムの摂取をしたことにならないためであり、小魚の摂取については、今回の調査における小魚の概念が曖昧であり、骨ごと摂食したかどうかの解明が今後の検討課題であると考えられる。

## 結 論

各市町村で実施されている「骨密度」の各種測定法について、その関連を検討するとともに、「骨密度」の測定結果と生活習慣との関連についても検討し、以下の結論を得た。

- 1) 各種の「骨密度」測定 (DXA (腰椎), DXA (橈骨), SXA (踵骨), QUS (踵骨)) には、それぞれ相関が認められ、一定の評価が確立している DXA (腰椎) の知見を、超音波方式である QUS による今回の調査結果で代替することの妥当性を認めた。
- 2) Stiffness Index と相関が高かったのは年齢であり、年齢に比例して減少していた。
- 3) 現行の骨粗鬆症検診実施時期である40歳及び50歳に加え、55歳、60歳時にも骨粗鬆症検診を実施する必要性が示唆された。
- 4) 若年期の運動やカルシウム摂取量の多寡が、壮年期以後の骨密度にも影響を与えていることが示唆された。

## 文 献

- 1) The World Health Report 1997, World Health Organization, Geneva.
- 2) Aoyama Y: The Health and Medical Care System in Japan Turning Point to Reform, Summons, The journal for medical & dental defence union of Scotland members, (1998).
- 3) 青山英康: 介護医療とそのあり方, 総合臨牀, 第47巻, 第12号, 永井書店, 東京 (1998).
- 4) 青山英康他: 民間活力の導入による老人保健・福祉事業の推進方策とその効果に関する調査研究報告, 平成6年度老人保健健康増進等事業, 健康保健組合連合会, 東京 (1997), pp. 1-4.
- 5) 社会保障の構造改革: 主な厚生行政の動き, 平成10年版厚生白書, 厚生省監修, ぎょうせい, 東京 (1998), pp. 224-279.

- 6) 寝たきりゼロ作戦のねらい：骨粗鬆症による寝たきり防止マニュアル，厚生省老人保健福祉局老人保健課監修，(財)骨粗鬆症財団，東京（1993），pp. 178—186.
- 7) 老人保健法による総合健康診査の実施について：平成7年4月28日厚生省老人保健福祉局老人保健課長通知.
- 8) 山本逸雄，森田陸司：骨粗鬆症検診の方法と基準値，*Osteoporosis Japan* (1997)，Vol. 5 No. 2，pp. 540—549.
- 9) Matkovic V, Kostial K, Simonovic I, Buzima R, Brodarec A and Nordin BE : Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia., *Am. J. Clin. Nutr.*, 32 (1979) : pp. 540—549.
- 10) 太田壽城，三宅健夫，浦野順子ら：ライフスタイルと骨密度に関する断面研究，骨粗鬆症と寝たきり防止の為の年齢に応じた保健事業の体系化に関する研究事業報告，(財)骨粗鬆症財団，平成8年3月，pp. 39—50.
- 11) 太田博明，高松 潔，杉本 到ら：骨代謝に対するエストロゲンの作用に関する研究：造血系単核細胞におけるエストロゲンレセプターの発現とその variant の解析，*小野スポーツ科学* (1996)，4 : 37—49.
- 12) 伊木雅之：中高年女性の腰椎骨密度の変化に対する Lifestyle 要因の影響，骨粗鬆症検診による受診者のリスク別予防方策の研究報告，(財)骨粗鬆症財団，平成7年3月，pp. 8—19.
- 13) Ott SM : When bone mass fails to predict bone failure. *Calcif Tissue Int* (1993)，53 (Suppl 1) : S7—S13.
- 14) Consensus Development of Conference : Diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am. J. Med.*, 94 : 946 (1993).
- 15) 白木正孝：骨の健康に関する基礎知識，骨粗鬆症と検診システム，ライフサイエンス社，(1996)，pp. 5—17.
- 16) 福永仁夫：骨粗鬆症の検診(II) — 骨密度測定法をめぐって —，骨粗鬆症と検診システム，ライフサイエンス社，(1996)，pp. 57—77.
- 17) 武田直人：超音波による骨量測定，「知っておきたいオステオポロシス」，Vol. 16 (1996)，pp. 4—5.
- 18) Kim K, Kushida K, Yamazaki K, Okamoto S and Inoue T : Bone mineral density of the spine in normal Japanese subjects using Dualenergy X-ray absorptiometry. *Calcif Tissue Int* (1991)，49(4) : 101—106.
- 19) Schott AM, Hans D, Sornay RE, Delmas PD and Meunier PJ : Ultrasound measurement on os calcis : precision and age-related changes in a normal female population. *Osteoporosis-Int* 3 : 249.
- 20) 福永仁夫：骨密度測定法をめぐって，骨粗鬆症と検診システム，ライフサイエンス社，1996年6月.
- 21) 武田直人ら：低周波超音波による踵骨の骨強度の評価，*川崎医学会誌*，(1993)，19 : 77.
- 22) 伊木雅之：超音波による骨密度測定の問題点—検診の実際，「知っておきたいオステオポロシス」Vol. 22，(1996).
- 23) 老人保健法による骨粗鬆症検診マニュアル，厚生省老人保健福祉局老人保健課監修，日本醫事新報社，平成7年9月20日.
- 24) 森田陸司：I . 骨粗鬆症検診法の試案，骨粗鬆症の早期発見のための検診方法の開発に関する研究—事業報告(その1)，(財)骨粗鬆症財団，(1993) p. 1.

**A study on the relationship between bone mineral density and life style  
using quantitative ultrasound imaging**

**Hirotsugu KIMURA**

**Department of Hygiene and Preventive Medicine**

**Okayama University Medical School**

**Okayama 700-8558, Japan**

**(Director : Prof. H. Aoyama)**

To prepare for the problems associated with a rapidly aging society, a checkup for the bone mineral density has been performed in many cities and villages in Japan.

However, there are varying methods for measuring bone mineral density, and the usefulness of quantitative Ultrasound imaging has not been established.

The relationship between bone mineral density and life style in 627 women in 5 cities was investigated using quantitative ultrasound imaging to measure bone mineral density.

The results can be summarized as follows:

1. The results from quantitative ultrasound imaging can be applied to the established DXA method because there was a correlation among dual energy X-ray absorptiometry, single energy X-ray absorptiometry and quantitative ultrasound imaging.
2. The stiffness index by quantitative ultrasound imaging was highly correlated with age and decreased proportionally with an increase in age.
3. We suggest that the measurement of bone mineral density by quantitative ultrasound imaging for women at the age of 55 and 60 years in addition to those of 40 and 50 years is necessary.
4. We speculate that exercise and calcium intake during youth have some effects on bone mineral density of women after the prime of life.