

女子大生の超音波法による踵骨 Broadband Ultrasound  
Attenuation (BUA) と Speed of Sound (SOS) におよぼす  
血清カルシウム, 鉄, 骨代謝マーカーの影響

萩原 暢子<sup>1)</sup>, 井上 辰樹<sup>1)</sup>, 北村 映子<sup>1)</sup>, 小石 秀夫<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>ノートルダム女子大学保健体育, (<sup>2)</sup>大阪市立大学名誉教授)

Effects of Serum Calcium, Iron and a Bone Metabolic Marker on  
Broadband Ultrasound Attenuation (BUA), and Speed of Sound  
(SOS) of *os calcis* of the Female College Students

Nobuko Hagiwara<sup>1)</sup>, Tatsuki Inoue<sup>1)</sup>, Eiko Kitamura<sup>1)</sup> and Hideo Koishi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Health Science & Physical Education, Notre Dame Women's College,

<sup>2)</sup>Honoral Professor of Osaka City University

Broadband ultrasound attenuation (BUA), which demonstrates structural quality of bone tissue (quality), and speed of sound (SOS), which shows the volume of bone minerals (quantity), of *os calcis*, were measured on 358 healthy female students by means of ultrasound bone densitometry. General data on the students were also obtained: 1) physical characteristics — height, weight, lean body mass (LBM), body fat percentage (%Fat); 2) serum calcium (Ca), iron (Fe) and alkaliphosphatase (ALP); 3) menstruation cycle, any special dietary details, nutritional balance of food intake. Finally, stepwise multiple regression analysis of BUA in relation to the students' physical characteristics, serum minerals and ALP was carried out.

Results were as follows: positive correlations existed between BUA and SOS ( $r = +0.523$ ,  $p < 0.001$ ), and BUA and all physical characteristics (height:  $r = +0.230$ , weight:  $r = +0.384$ , LBM:  $r = +0.368$ , %Fat:  $r = +0.265$ ,  $p < 0.001$ ). In the next step, the sample was divided into four groups according to BUA and SOS values: Group 1 (185 subjects) under the mean BUA value, Group 2 (163 subjects) over the mean BUA value, Group 3 (194 subjects) under the mean SOS value, and Group 4 (154 subjects) over the mean SOS value. It was only in Group 1 that a positive correlation between BUA and all physical characteristics ( $p < 0.001$ ), and BUA and SOS ( $p < 0.05$ ) existed. The multiple regression analysis showed that SOS, LBM and %Fat contributed significantly and positively to variations in BUA, while serum ALP and Fe contributed negatively. However, variations in height, weight, and serum Ca were not

found to be significant.

In conclusion, positive correlations existed between bone quality and quantity. Above all, the former has a closer relation to general physical characteristics. In the immature bone quality group (Group 1), the students with more developed physical characteristics also showed a higher level of bone quality. We assume Group 1 will attain the final stage of both physical development and bone growth.

骨粗鬆症の発症を引き起こす危険因子には、ホルモン、加齢、遺伝などの内的因子と、栄養、運動、生活習慣などの調節可能な外的因子がある<sup>1)</sup>。近年、調節可能な危険因子対策による、早期からの骨粗鬆症予防を推進するために、若年期の骨成長の調査が行われている<sup>2)</sup>。著者らも、平成7年度より女子大生を対象に、超音波法を用いて測定した骨の状態と身体の発育や骨代謝との関係を報告してきた<sup>3),4)</sup>。また、骨発育と生活習慣<sup>5)</sup>、血中ホルモンレベル<sup>6)</sup>、血清脂質<sup>7)</sup>との関係も調べてきた。

今回は、身体状況や骨代謝が、超音波法で測定する骨質や骨量に、どのような影響を及ぼすかを検討した。

### 対象および方法

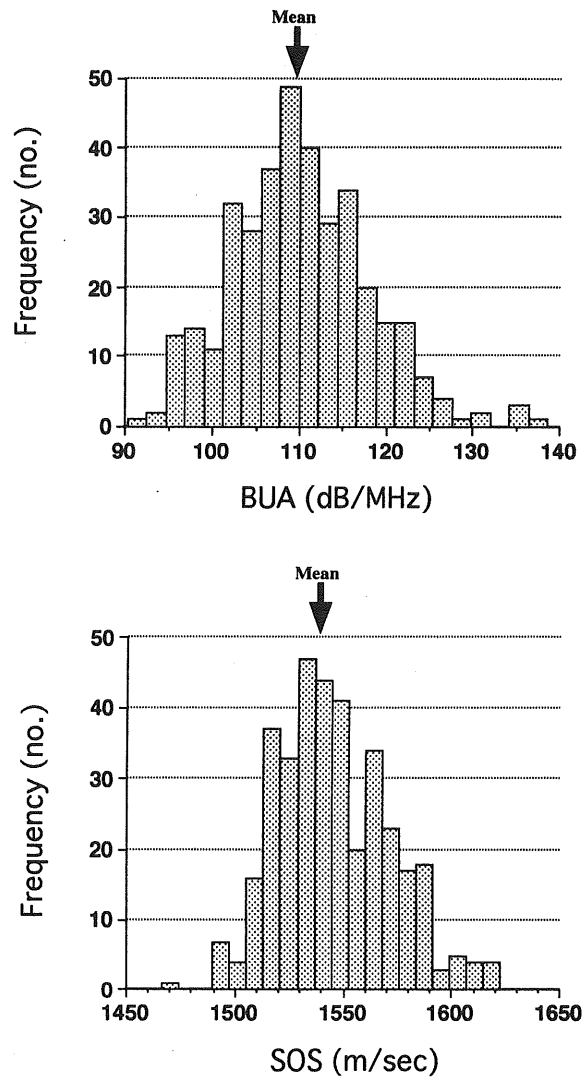
女子大生358名(平均18.7±0.6歳)を対象に、超音波骨密度測定装置(A-1000, Lunar社製)を用い、右踵骨で広帯域超音波減衰係数(Broadband Ultrasound Attenuation, BUA dB/MHz)と超音波伝播速度(Speed of Sound, SOS m/sec)を測定した。次に、身体的特徴として身長・体重・除脂肪体重(lean body mass; LBM)・体脂肪率(body fat percentage; %Fat)の測定、血液検査として、血清カルシウム(Ca)、血清アルカリフォスファターゼ(ALP)、血清鉄(Fe)の測定を行った。聞き取り調査は、留置法で生理不順・ダイエット経験・栄養への配慮について調べた。

統計処理は、統計解析ソフト(Stat View II)によりunpaired t-test, 単相関分析,  $\chi^2$ 検定, ステップワイズ重回帰分析を行った。

### 結果と考察

超音波骨密度測定装置での実測値は、広帯域超音波減衰係数(BUA)と超音波伝播速度(SOS)で、BUAは海綿骨の骨梁構造や方向性を反映しており骨梁の厚みや連続性を表すと考えられている<sup>8)</sup>。一方、SOSは皮質骨と海綿骨を合わせた全骨量を表し、その部位の骨密度と高い相関関係を示すと報告されている<sup>8)</sup>。

今回測定した358名のBUAとSOSのヒストグラムをFig. 1に示した。BUA (dB/MHz)の最大値は136.6, 最小値は92.3で、平均値(mean ± SD)は110.1±7.9であった。また、SOS (m/sec)の最大値は1621.9, 最小値は1466.7, 平均値は1545.8±26.5で、両者ともほぼ正規分布を示していた。BUAとSOSの関係はFig. 2に示したが、両者の間には、有意な正相関(相関係数 $r = +0.523$ ,  $p < 0.001$ )が見られた。これより、対象年齢での骨質と骨量が、伴って発育していると考えられた。BUAと身体的特徴の関係はFig. 3に示したが、すべての項目で、有意な正相関(身長: $r = +0.230$ , 体重: $r =$



**Fig. 1** Histograms of the distribution of broadband ultrasound attenuation (BUA) and speed of sound (SOS) in three-hundred and fifty-eight female college students.

+0.384, LBM :  $r = +0.368$ , %Fat :  $r = +0.265$ ,  $p < 0.001$ ) が見られ、特に体重と LBM に強い相関が見られた。SOS については、体脂肪率にだけ非常に弱い相関が見られたが、それ以外の因子とは、有意な関係は見られなかった。

次に、BUA の平均値未満のグループ (Group 1,  $n = 185$ ) と以上のグループ (Group 2,  $n = 163$ )、SOS の平均値未満のグループ (Group 3,  $n = 194$ ) と以上のグループ (Group 4,  $n = 154$ ) に分けて、BUA および SOS と各種因子との関係を調べた。Table 1 は、各グループにおける BUA および SOS と各種因子の相関係数を表している。BUA の平均値未満群 (Group 1) では、BUA は身体的特徴に有意な

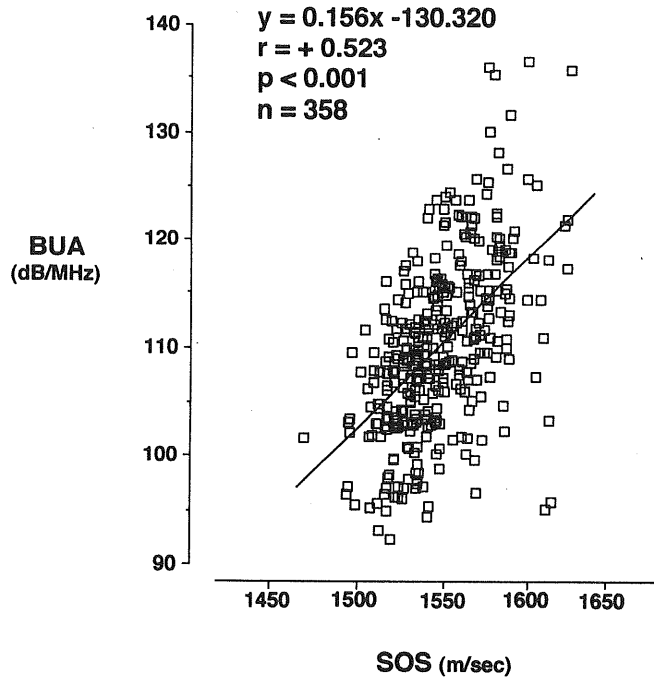
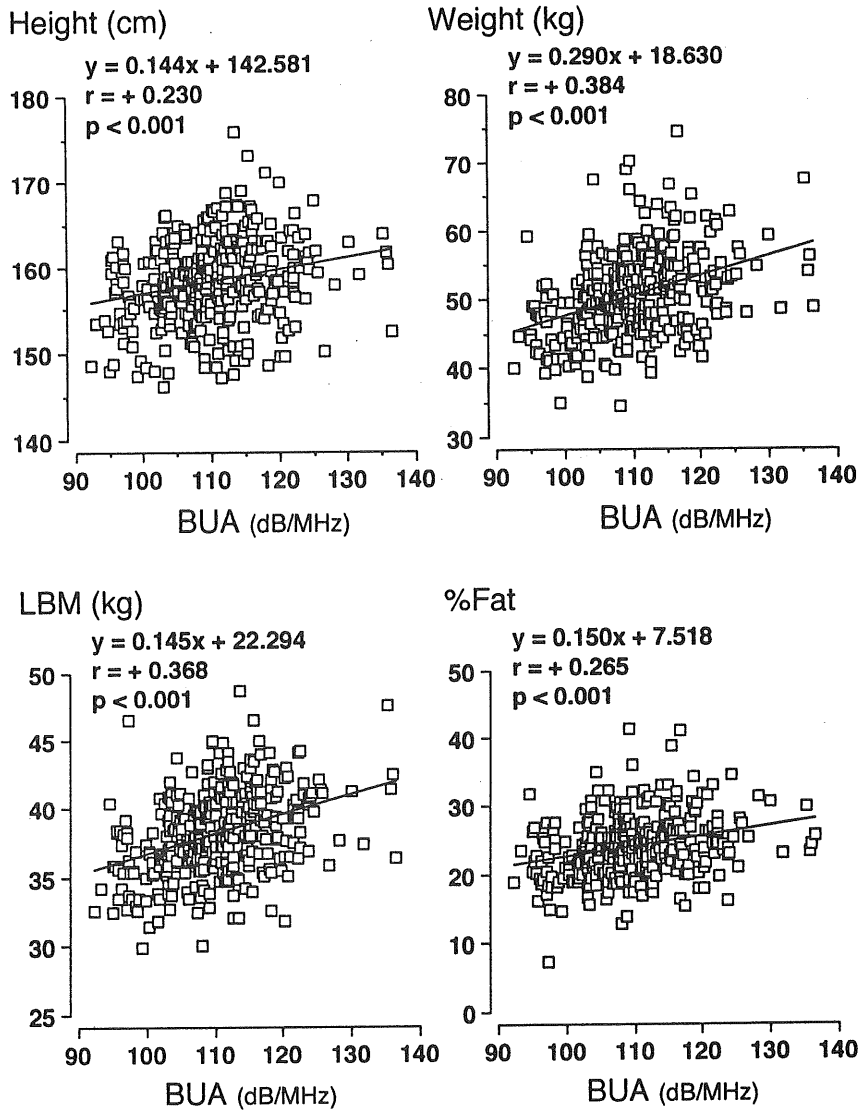


Fig. 2 The correlation between BUA and SOS

正相関（身長： $r = +0.208$ ,  $p < 0.01$ , 体重： $r = +0.343$ , LBM： $r = +0.304$ , %Fat： $r = +0.266$ ,  $p < 0.001$ ）が見られ、SOSと弱い正相関（ $r = +0.178$ ,  $p < 0.05$ ）、血清ALPには弱い負相関（ $r = -0.138$ ,  $p < 0.05$ ）が見られた。平均値以上群（Group 2）では、BUAと身体的特徴には有意な相関は見られず、SOSに有意な正相関（ $r = +0.405$ ,  $p < 0.001$ ）、血清Feに有意な負相関（ $r = -0.212$ ,  $p < 0.01$ ）が見られた。SOSについては、両グループでBUAとだけ有意な正相関（Group 3： $r = +0.333$ ,  $p < 0.001$ , Group 4： $r = +0.204$ ,  $p < 0.05$ ）が見られた。以上より、今回の対象年齢（18～21歳）の女子では、骨量よりも骨質の発達が身体の発育に関連していることが示された。また、BUAの高値群（Group 2）では、骨質の成長が頂点に達した者も含まれると考えられ、そのためにさらに身体発育が進んでも、骨の成長との相関は見られなかったと思われる。一方、BUAの低値群（Group 1）では、骨質と身体的特徴の間に有意な相関が認められ、最終的な身体発育と骨質の成長が並行して起こっていることが示された。これより、BUAの低値群は、11歳頃からの急速な骨成長と身体発育のピーク時期<sup>9)</sup>が、今後到来することが推測された。

次に、BUAを目的変数とし、説明変数としては身長、体重、LBM、%Fat、血清Ca、血清ALP、血清Fe、SOSの8項目を投入してステップワイズ法（ $F_{in} = 2$ ,  $F_{out} = 2$ ）で重回帰分析を行った。その結果をTable 2に示したが、標準偏回帰係数より、SOS、LBM、%Fat、血清ALP、血清FeがBUAと有意な関連を有していた。

LBMとBUAとの有意な相関は、骨への荷重負荷実験で骨形成が著明に亢進した報告<sup>10)</sup>と一致して



**Fig. 3** The correlation between BUA and height, weight, lean body mass (LBM) and body fat percentage (%Fat).

おり、今回測定した女子大生においても、体重負荷が骨質を増強していることが示された。

血中のALPは、骨芽細胞の活性を反映する生化学的マーカーの中で、広く臨床利用されている骨形成マーカーである<sup>11)</sup>ことが広く知られている。また、血清Feについては、思春期女子の貧血では色素量はそれほど低くなくても血清Feが低下しているものが多く、その時期の身体発育の速度が多分に関係している<sup>12)</sup>と報告されている。今回の血清ALPと血清Feの測定結果からは、BUAとの間に有意ではあるが非常に弱い相関しか認められず、意義は小さいと思われた。

聞き取り法による生理不順、ダイエット経験、栄養への配慮の有無について各グループ間で比率につ

**Table 1.** Correlation coefficients between BUA, SOS and several factors

	Group 1 (under the mean BUA value)		Group 2 (over the mean BUA value)	
	BUA vs	p	BUA vs	p
Height	+0.208	**	-0.015	
Weight	+0.343	***	+0.147	
LBM	+0.304	***	+0.127	
%Fat	+0.266	***	+0.110	
SOS	+0.178	*	+0.405	***
Serum Ca	-0.022		-0.150	
Serum ALP	-0.138	*	-0.033	
Serum Fe	-0.007		-0.212	**
	(n=185)		(n=163)	
	Group 3 (under the mean SOS value)		Group 4 (over the mean SOS value)	
	SOS vs	p	SOS vs	p
Height	-0.028		-0.125	
Weight	+0.029		-0.052	
LBM	+0.037		-0.082	
%Fat	+0.022		+0.017	
BUA	+0.333	***	+0.204	*
Serum Ca	-0.011		-0.088	
Serum ALP	+0.023		+0.088	
Serum Fe	+0.073		-0.017	
	(n=194)		(n=154)	

(\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, \*\*\*p&lt;0.001)

**Table 2.** Stepwise multiple regression analysis of BUA for physical characteristics, serum minerals and bone metabolic marker.

Independent variables	Standardized partial coefficients	Partial correlation coefficient
SOS	+0.514	+0.520
LBM	+0.330	+0.367
%Fat	+0.079	+0.264
Serum ALP	-0.125	-0.153
Serum Fe	-0.065	-0.092
(rejected variables: Height, Weight, Serum Ca)		
R <sup>2</sup>	0.434	

(p&lt;0.001)

いての検定を行ったが、有意差は認められなかった。

骨粗鬆症の危険因子の中には調節可能なものも多く、思春期や青年期に生理的な骨量減少を予防して、最大骨量を高める努力をし、将来の骨粗鬆症予防を考えることが重要と思われた。

## 文 献

- 1) 乗松尋道 (1995) メディカル用語ライブラリー—骨粗鬆症—, 羊土社, 東京: pp146-147
- 2) 吉田繁子, 久保田恵 (1996) 栄養—評価と治療 13:341-351
- 3) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1997) ノートルダム女子大学研究紀要 27:1-11
- 4) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1996) 微量栄養素研究 13:75-80
- 5) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 高橋秀幸, 小石秀夫 (1995) 体力科学 44:711
- 6) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1996) 日本衛生学雑誌 51:279
- 7) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1997) 日本衛生学雑誌 52:260
- 8) 井上哲郎 (1995) メディカル用語ライブラリー—骨粗鬆症—, 羊土社, 東京: pp104-105
- 9) 清野佳紀 (1995) 母子保健情報 32:23-29
- 10) Raab, D. M., Akhter, M. P., Kimmel, D. B. & Recker, R. R. (1994) J. Bone Miner. Res. 9:203-211
- 11) 曾根照喜 (1995) メディカル用語ライブラリー—骨粗鬆症—, 羊土社, 東京: pp128-129
- 12) 中林正雄 (1995) 母子保健情報 32:13-17