

女子児童と女子大生の骨発育とその影響因子

萩原 暢子¹⁾, 井上 辰樹¹⁾, 北村 映子¹⁾, 小石 秀夫²⁾

(¹⁾ 京都ノートルダム女子大学保健体育*, ²⁾ 元大阪市立大学)

Bone Growth and its Effective Factors of the Girls in the Elementary School and the Women's College Students

Nobuko HAGIWARA¹⁾, Tatsuki INOUE¹⁾, Eiko KITAMURA¹⁾ and Hideo KOISHI²⁾

¹⁾ *Department of Health Science & Physical Education, Notre Dame Women's College of Kyoto*

²⁾ *Emeritus Professor of Osaka City University*

To study bone growth and its effective factors, we measured broadband ultrasound attenuation (BUA) and speed of sound (SOS) on 81 healthy girls in the elementary school and 425 women's college students, who were 18 years old, by means of ultrasound bone densitometry. The elementary school girls were measured twice; first at grade 4 when their mean age was 9.5, and second at grade 5. General data on all the girls and female students were also obtained: 1) physical characteristics-height, weight, body mass index (BMI), lean body mass (LBM), body fat percentage (%Fat); 2) physical fitness-grip strength, back strength, vertical jump; 3) other details-frequency of sports activity, menstruation cycle, milk and milk product intake. Finally, we statistically analyzed all data by using paired and Student's t-test, and simple regression analysis.

Results were as follows: 1) almost all factors except vertical jump showed a significantly increase for the year from grade 4 to 5; 2) significantly positive correlations existed between BUA and SOS in both groups of girls and students, between BUA and all factors in the female students, but BUA and all physical characteristics and fitness except vertical jump in the girls; 3) there was no significant difference among correlation coefficients between BUA and SOS of either group; 4) there were no significant correlations between SOS and all factors except BUA in the girls of grade 4, but significantly positive correlations appeared between SOS and all physical characteristics, except %fat, and left hand and mean grip strength in those of grade 5; 5) in the college students, there were significantly positive correlations between SOS and all physical characteristics except height and vertical jump; 6)

* 所在地: 京都市左京区下鴨南野々神町1番地 (〒606-0847)

the frequency of weekly sports club activity of the high SOS group was higher than that of the low ;
7) the frequency of milk and milk product intake of the elementary school girls was significantly higher than that of the college students.

In conclusion, significant correlations appeared between SOS, which shows the quantity of bone minerals, and physical characteristics and sports activity on beginning of the acute development. These are one of the characteristics of the growth period.

従来より、骨粗鬆症予防は、閉経後など骨の老化が始まった後に、どのようにして骨量減少を防ぐかに重点が置かれてきた¹⁾。しかし、最近では、将来の骨量減少に備えて、成長期にできるだけ骨量を増やしておくという考え方が注目され、若年期に到達する最大骨量の増大が、有効な骨粗鬆症予防と考えられるようになった²⁾。

著者らは、超音波法を用いて女子大生と女子児童の骨発育の実態とその影響因子について調査してきた³⁾⁻⁵⁾。

今回は、小学4年と5年時での骨成長と身体および体力発育との関係を調査し、またライフスタイルがどのような影響をおよぼしているかについても検討した。さらに、成長の最終段階である女子大生との比較も行った。

対象および方法

健常な女子児童81名と18歳の女子大生425名を対象に、骨因子として、超音波骨密度測定装置 (A-1000, Lunar社製) を用いて右踵骨の広帯域超音波減衰係数 (BUA, dB/MHz) と、伝播速度 (SOS, m/sec) を測定した。身体的特徴としては、身長、体重、除脂肪体重 (LBM)、体脂肪率 (%Fat) を測定した。また、質問紙法により、運動習慣と牛乳・乳製品摂取状況、月経発来状況を調査した。女子児童の測定時期は、初回が小学4年生時で平均 9.5 ± 0.5 歳、第2回目が1年後の同じ時期で同じ対象とした。

なお、統計処理は統計解析ソフト (Stat View II) により paired および Student' t-test と単相関分析、相関係数の差の検定を行った。

結果と考察

Table 1は、小学4年時 (9~10歳)、5年時 (10~11歳) の女子児童および女子大生 (18歳) の身体的特徴、体力的因子、骨因子を示している。女子児童では、1年間で垂直跳び以外の全ての因子で有意な増加が見られ、成長の指標となる身長については、年間の平均増加速度が6.3cmであった。これは、長塚ら⁶⁾の10歳から11歳にかけて伸び率が著しいという報告と同様であった。

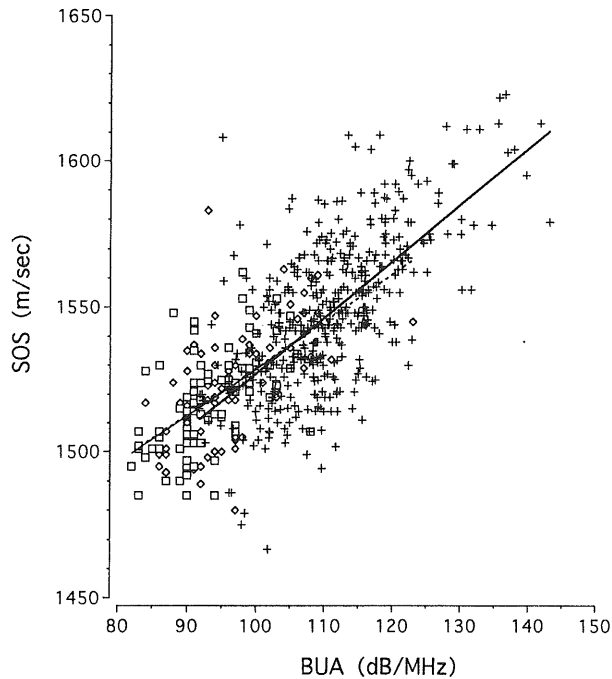
次に、BUAとSOSの関係をFig. 1に示した。BUAは、骨の大きさと骨密度を同時に反映していると考えられ⁷⁾、SOSは骨密度と強く正相関すると報告されている⁸⁾。平均9.5歳の小学4年時 (□) と、1年後の小学5年時 (◇) のBUAとSOSの相関係数は、それぞれ $r = + 0.552$, $+ 0.591$ の有意な正相関を示しており、成長期での骨密度と骨の大きさとの間には、強い関係があると思われた。さらに、平均18歳の

Table 1. Changes in physical characteristics, physical fitness and bone factors

		Girls (n=81)			Female Students (n=425)
		Grade 4 (9.5 y.o.)	Grade 5 (10.5 y.o.)		(18.0 y.o.)
Height	(cm)	135.9 ± 6.6	142.2 ± 7.0	***	158.8 ± 5.1
Weight	(kg)	31.7 ± 6.4	35.8 ± 7.4	***	51.1 ± 6.5
BMI		17.1 ± 2.3	17.6 ± 2.5	***	20.2 ± 2.3
LBM	(kg)	26.1 ± 3.9	29.1 ± 4.4	***	38.5 ± 3.5
%Fat	(%)	17.0 ± 5.1	17.8 ± 5.3	***	24.1 ± 4.7
Grip (right)	(kg)	12.6 ± 3.0	15.2 ± 3.8	***	25.4 ± 5.3
Grip (left)	(kg)	11.3 ± 2.9	14.3 ± 3.8	***	22.2 ± 5.3
Grip (mean)	(kg)	12.0 ± 2.8	14.7 ± 3.7	***	23.8 ± 4.9
Back Strength	(kg)	54.4 ± 12.9	63.3 ± 17.1	**	65.6 ± 15.0
Vertical Jump	(cm)	33.9 ± 5.4	34.5 ± 4.5	ns	38.6 ± 4.5
BUA	(dB/MHz)	93.2 ± 5.9	96.1 ± 6.5	***	110.9 ± 8.7
SOS	(m/sec)	1517.6 ± 17.8	1523.7 ± 21.0	**	1548.2 ± 26.2

Significantly different from girls of grade 4. Values are mean ± SD. ns: not significantly different, **: p < 0.01, ***: p < 0.001

y.o.: years old

**Fig. 1** Correlation between BUA and SOS

- , (——) : Grade 4 (9.5 y.o.), $y=1.6x+1366.5$, $r=+0.552$, $p<0.001$
 ◇, (-----) : Grade 5 (10.5 y.o.), $y=1.6x+1366.7$, $r=+0.591$, $p<0.001$
 +, (——) : Female students (18.0 y.o.), $y=1.9x+1334.6$, $r=+0.643$, $p<0.001$

女子大生（十）でのBUAとSOSとの相関係数は $r = +0.643$ であったが、これらの相関係数の間には有意差は見られなかった。また、4年時の回帰直線（細実線）と5年時（破線）は、ほぼ同一直線上にあり、太い実線の女子大生の回帰直線の傾きも、他の直線とほぼ同様であった。すなわち、骨密度と骨の大きさとの関係は、急速な骨発育の開始時から終了時点まで、ほぼ同様に保たれると考えられる。

次に、女子児童の身体的特徴および体力的因子とBUAとの相関関係の経年変化および、女子大生との比較をTable 2に示した。女子児童では、小学4年（9.5歳）で垂直跳びを除くすべての因子で有意な正相関が見られ、特に体重とLBMで強い相関が示された。1年後では、さらにすべての因子で相関関係が強くなっている傾向が見られた。一方、女子大生（18歳）では、すべての因子との間に有意な正相関が見られたが、身長以外のすべての身体的特徴と左および平均握力との相関係数は、小学5年時（10.5歳）に比し有意に低値であった（ $p < 0.01$ ）。同様に、SOSとの相関関係をTable 3に示した。小学4年時（9.5歳）では、全ての因子との間に有意な相関関係は見られなかったが、1年後（10.5歳）には%Fatを除くすべての身体的特徴と、左および平均握力との間に有意な正相関が出現した。女子大生（18歳）では、身長以外の身体的特徴と垂直跳びとの間に弱い正相関が見られたが、小学5年時（10.5歳）に比し体重（ $p < 0.05$ ）とLBM（ $p < 0.001$ ）との相関係数が有意に低値であった。すなわち、BUAとSOSは共に、成長スパートが始まる10～11歳で身体発育との関係が強くなると考えられる。特に、体重およびLBMとの関係が強いことから、成長期での骨への荷重負荷の影響⁹⁾が大きいものと思われる。ここでBUAは、9.5歳時にすべての身体的特徴との間に有意な正相関が見られたが、SOSは、1年後の10.5歳に、%Fat以外のすべての身体的特徴との間に有意な正相関が出現した。BUAについては、成長スパート以前から身体発育に伴って増加していた可能性が考えられる。また、BUAが海綿骨の実質を反映する骨代謝の指標¹⁰⁾であることから、BUAの増大による骨代謝の活性化が学童期の骨の成長スパートを引き起こした可能性が考えられる⁵⁾。一方、SOSでは、成長スパートに一致して身体的特徴や運動習慣との間に有意な相関関

Table 2. Correlation coefficients between physical characteristics, physical fitness, and BUA

		Girls (n=81)				Female Students (n=425)	
		Grade 4 (9.5 y.o.)		Grade 5 (10.5 y.o.)		(18.0 y.o.)	
		r	p	r	p	r	p
Height	(cm)	+0.472	***	+0.494	***	+0.305	***
Weight	(kg)	+0.573	***	+0.697	***	+0.477	***
BMI		+0.492	***	+0.647	***	+0.367	***
LBM	(kg)	+0.569	***	+0.670	***	+0.446	***
%Fat	(%)	+0.440	***	+0.601	***	+0.311	***
Grip (right)	(kg)	+0.346	**	+0.389	***	+0.206	***
Grip (left)	(kg)	+0.291	**	+0.516	***	+0.192	***
Grip (mean)	(kg)	+0.351	**	+0.515	***	+0.212	***
Back Strength	(kg)	+0.276	*	+0.302	**	+0.140	**
Vertical Jump	(cm)	-0.004	ns	+0.073	ns	+0.118	*

Values are mean \pm SD. ns: not significantly different, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$,
***: $p < 0.001$

係が出現した。これは、SOSに反映される骨密度が、成長スパートに伴って増加した結果であり、第二次性徴と同時に見られる急激な骨量増加が身長発育とよく類似している¹¹⁾という報告を裏付けている。また、SOSでの身体発育との有意な相関の出現は、成長期の特徴の1つと考えられる。

次に、牛乳および乳製品の摂取状況について検討した (Table 4)。摂取状況は、乳製品としてチーズまたはヨーグルトと、牛乳の1日の摂取頻度をそれぞれ質問紙法により調査し、スコア化して検討した。スコアは、全然摂取しないもの0点、時々摂取するもの1点、毎日1回以上摂取するものを2点とし、乳製品はチーズとヨーグルトの摂取頻度を平均して、それに牛乳の摂取頻度を加算した合計のスコアを採用した。BUAとSOSは、平均値以上の高値群と平均値未満の低値群に分け、それぞれの群で算出し

Table 3. Correlation coefficients between physical characteristics, physical fitness, and SOS

		Girls (n=81)				Female Students (n=425)	
		Grade 4 (9.5 y.o.)		Grade 5 (10.5 y.o.)		(18.0 y.o.)	
		r	p	r	p	r	p
Height	(cm)	+0.098	ns	+0.403	***	+0.029	ns
Weight	(kg)	+0.070	ns	+0.431	***	+0.157	**
BMI		+0.015	ns	+0.299	**	+0.164	***
LBM	(kg)	+0.106	ns	+0.490	***	+0.120	*
%Fat	(%)	-0.047	ns	+0.193	ns	+0.151	**
Grip (right)	(kg)	+0.111	ns	+0.175	ns	+0.059	ns
Grip (left)	(kg)	+0.108	ns	+0.295	**	+0.062	ns
Grip (mean)	(kg)	+0.083	ns	+0.295	**	+0.065	ns
Back Strength	(kg)	+0.196	ns	+0.026	ns	+0.074	ns
Vertical Jump	(cm)	+0.133	ns	+0.201	ns	+0.123	*

Values are mean \pm SD. ns: not significantly different, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$,
***: $p < 0.001$

Table 4. Comparison between girls of grade 4 and 5, and female students of milk and milk product intake

	BUA				SOS			
	Low group	p	High group	p	Low group	p	High group	p
Grade 4 (9.5 y.o.)	2.7 \pm 0.9 (ns=13)	ns	3.1 \pm 0.4 (n=11)	***	3.0 \pm 0.0 (n=9)	**	3.1 \pm 0.5 (n=9)	**
Grade 5 (10.5 y.o.)	2.4 \pm 1.2 (n=5)	ns	3.0 \pm 0.0 (n=5)	*	3.1 \pm 0.2 (n=5)	*	3.1 \pm 0.2 (n=6)	**
Female Students (18.0 y.o.)	2.3 \pm 0.8 (n=57)		2.0 \pm 0.9 (n=50)		2.3 \pm 0.8 (n=66)		1.9 \pm 1.0 (n=56)	

Significantly different from female students. ns: not significantly different, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$,
***: $p < 0.001$

Intake (score) : none (0) , sometimes (1) , everyday (2)

Total score = milk intake + $\frac{(\text{cheese intake} + \text{yogurt intake})}{2}$

Total score includes the milk intake score and the mean of cheese and yogurt intake per day.

たスコアについて比較した。その結果、小学4年時（9.5歳）と1年後との間には有意差は見られなかったが、小学生と女子大生（18歳）との間に、BUA高値群、SOS低値群と高値群で有意差が見られた。これは、学校給食での毎日の牛乳摂取習慣が、女子大生ではほぼなくなっていることを示していると思われる。著者らは、女子大生の牛乳や乳製品からの1日のカルシウム摂取量が平均140mgで、200mg（牛乳1本分）に満たないことを報告³⁾したが、日本人の1日のカルシウム摂取量は579mg¹²⁾と所要量以下であり、最大骨量獲得のために、カルシウム摂取量を高めると共に、吸収効率が高い牛乳や乳製品摂取の指導が必要であると思われる。

運動習慣については、週当たりの運動系の習い事頻度が、SOS低値群に比し高値群で高い傾向が見られた。著者らは、女子大生の調査でも、小学時代のSOS高値群で運動頻度が有意に高い⁵⁾と報告しており、運動習慣が、骨密度に強い影響を及ぼしていることを示している。また、月経発来状況については、4年時（9.5歳）の測定時には発来者がなく、1年後で35%が発来しており、BUA高値群が低値群に比し多い傾向が見られた。月経発来と骨発育については、今後の調査が必要と思われる。

文 載

- 1) 林泰史 (1999) 内科 83 : 630-633
- 2) 清野佳紀 (1995) 母子保健情報 32 : 23-29
- 3) 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
- 4) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1997) 微量栄養素研究 14 : 51-57
- 5) 萩原暢子, 井上辰樹, 北村映子, 小石秀夫 (1999) ノートルダム女子大学研究紀要 29 : 25-33
- 6) 長塚正晃, 藤原紹生, 茂呂信高, 矢内原巧 (1996) 産婦人科治療 72 : 407-411
- 7) 浜中恭代, 山本逸雄, 今本喜久子, 高田政彦, 森田陸司 (1998) 日本医放会誌 58 : 9-13
- 8) 山本逸雄, 森田陸司 (1995) 病態生理 14 : 444 - 448
- 9) Raab-Cullen, D.M., M.P. Akhter, D.B. Kimmel and R.R. Recker (1994) J. Bone Miner. Res. 9 : 203-211
- 10) Resch, H., P. Pietschmann, P. Bernecker, E. Krexner and R. Willvonseder (1990) A.J.R. 155 : 825-828
- 11) 西山宗六, 井本岳秋 (1995) CLINICAL CALCIUM 5 : 584-588
- 12) 厚生省統計協会 (1999) 国民衛生の動向・厚生指標, 臨時増刊 46 : 477