

[原著論文]

## 成長期女子の成熟度を加味した骨形成の評価に関する検討 —超音波法の有効性—

塚原典子<sup>1)</sup>、佐藤和人<sup>2)</sup>、江澤郁子<sup>3)</sup>

キーワード：成長期女子、第二中手骨、踵骨骨量（超音波法）、成熟度

### Study of Bone Growth Estimation Considering Skeletal Maturation in Adolescent Girls.

Tsukahara Noriko Ph.D.<sup>1)</sup>, Sato Kazuto M.D.<sup>2)</sup>, Ezawa Ikuko Ph.D.<sup>3)</sup>

#### Abstract

In the management of bone health, the most important issue is how the period until peak bone mass is spent, that is, appropriate self management for bone health. This study examined bone growth estimation considering skeletal maturation and how to provide guidance on bone health to adolescents. The following investigations were carried out; investigation of physical characteristics such as body height and body weight; body mass index; measurement of cortical bone mineral density of the second metacarpal bone by digital processing method (DIP method); evaluation of bone age using X-ray film by same method, and cancellous bone mass of calcaneal bone, measured by ultrasound using the ALOKA-AOS100; and OSI (osteosono-assessment index), TI (transmission index); and SOS (speed of sound), used as an index of bone mass, dietary survey for 3 days; a health status questionnaire, menstrual status and years since menarche and so on. Also, we evaluated factors affecting BMDs (DIP method and Ultrasound method) and skeletal maturation in adolescent girls. In this study, to clarify bone growth estimation associated factors, the correlation between BMDs and various factors (anthropometric data, years since menarche, bone age) was analyzed using a single regression analysis. OSI and TI by the ultrasound method showed higher positive correlation with body weight and BMI than with bone age. This data indicated that factors affecting BMD findings by the DIP method and OSI versus TI by the ultrasound method, differed. These results suggest that bone growth-estimation by the ultrasound method is useful in evaluating BMD in adolescent girls, when considering skeletal maturation in relation to appropriate anthropometric data, such as years since menarche.

Key words : adolescent girl, the second metacarpal bone, calcaneal bone mass using ultrasound method, skeletal maturation

#### I 緒言

ヒトの骨量は、成長とともに増加し、若

年期（20歳代頃）までにPeak Bone Mass

（最大骨量）に達し、その後、充実期を経て、

1) 新潟医療福祉大学 医療技術学部 健康栄養学科

2) 日本女子大学家政学部食物学科 保健管理センター長

3) 新潟医療福祉大学客員教授、日本女子大学名誉教授、戸板女子短期大学学長

塚原典子

[連絡先] 〒950-3198 新潟市島見町1398

TEL : 025-257-4413

E-mail : tsukahara@nuhw.ac.jp

女性では閉経に伴い急激に減少した後、加齢とともに徐々に減少する。骨粗鬆症の予防には、骨形成の最も盛んな成長期に骨量をできるだけ高め、また閉経および加齢に伴う骨量の減少をできるだけ抑制することが重要である。

高齢社会を迎えたわが国においては、加齢に伴う特徴的な疾患である骨粗鬆症の患者が増加の一途をたどっている現況である。骨粗鬆症は閉経後女性に多く、高齢になるにしたがって増加していくことは良く知られているが、その患者数は、約1000万人<sup>1)</sup>とも言われており、年々大きな社会問題として関心が高まっている。また、わが国は、21世紀をいかに健康で生きるかを主眼とした新しい健康づくり対策として、第3次国民健康づくり運動「健康日本21」を策定した<sup>2)</sup>。健康増進と生活習慣病の1次予防を実施し、最終的には健康寿命を延伸し、Quality of life (QOL) の向上を図り、豊かな高齢期を過ごすことを目的として、2010年度を目途とした食生活や運動、休養などの改善にむけた具体的な目標を提示している。この対策の特徴的な点は、生活習慣病のなかでも、栄養・食生活との関連が深いとされているものに、肥満、高脂血症、高血圧、糖尿病、虚血性心疾患、脳卒中および一部の癌（大腸癌、乳癌、胃癌）とともに骨粗鬆症を明記し、それぞれの疾病に対応した危険因子、栄養素等摂取レベル、食物レベルでのリスクファクターを提示していることであろう。

したがって、生活習慣病の1つとして位置づけられる骨粗鬆症の1次予防としては、食生活や身体活動・運動習慣など、日常の生活をいかに健康的に過ごすかが極めて重要となる。

とくに骨粗鬆症およびそれに伴う骨折予防の上で最も重要な点は、若年期にいかん Peak Bone Mass (最大骨量) を高めておくかである。成長期の骨の形成および骨量獲

得の重要性が認識されてきている中、骨粗鬆症予防の観点から、身体の発育発達の著しい成長期の健康教育の一環としての骨量評価の意義は大きいと考えられる。

成長期を対象とした骨の健康管理を実施するにあたり、骨量測定は、その動機づけとして重要と考えられ、その際は、最も安全性に優れた超音波骨評価装置を用いることが理想であろう。しかし、身体の発育発達の個人差が大きく生じる成長期においては、歴年齢（誕生から物理的時間経過）とともに発達年齢（その時点で到達している成長・発達過程;成熟度）をも考慮した検討が重要となる。そこで、本研究は、身体の発育発達の著しい成長期女子の正確な骨の健康状態を把握するための評価を検討することを目的とし、成長期女子を対象に調査研究を行った。測定時間が短くX線被爆がなく非侵襲的に測定可能な超音波法による踵骨骨量測定の実施に加え、発達年齢の評価としての骨年齢が得られるDIP法 (Digital Image Processing method) による第二中手骨骨量測定をも併せて行い、第二中手骨および超音波法による踵骨の骨量を中心に、関連因子等を比較検討した。

## II 対象および方法

### 1 対象

調査対象者は東京近郊在住の12歳から16歳（中学1年生から高校1年生）までの健康な成長期女子484名である。その内訳は、12歳；33名、13歳；122名、14歳；105名、15歳；139名、16歳；85名。平均初経年齢は $11.9 \pm 0.9$ 歳 (mean  $\pm$  SD) である。

なお、本研究はヘルシンキ条約に則り、児童、その保護者、養護教諭、学級担任、学校長、および校医へのインフォームドコンセントを実施し、調査研究を理解し賛同した者を調査対象とした（保護者からの同意書を得た）。

2 方法

対象者に対し、踵骨乾式超音波法（アロカ社製AOS-100）による右足踵骨の骨評価、DIP法による、この時期の成熟度（骨年齢）を加味した第二中手骨骨量の測定、3日間の食事調査（留置法）、健康状態および食生活アンケート調査、体格調査（身長、体重、体格指数；Body mass index, BMI;  $\text{kg}/\text{m}^2$ 、ローレル指数；Rohrer index,  $\text{kg}/\text{cm} \times 10^7$ ）を実施した。

なお、骨量測定において得られた各パラメーターについては以下の通りである。

1) 踵骨乾式超音波法、アロカ社製AOS-100

①音響的骨評価値：OSI (osteosono assessment index;  $\text{OSI} = \text{TI} \times \text{SOS}$ )<sup>2)</sup>、Lunar社 Achilles (A-1000) のstiffnessに相当する指標であり、以下のSOSとTIを用いて算出した数値である。これは、SOSとTIのいずれの特性をも反映しており、音響的に骨を診た場合の1つの総合的指標値となる。

②透過指標：TI (transmission index)

AchillesのBUAに相当するもの。

超音波の透過の度合いが骨の量によって異なることを利用した踵骨部分を透過した超音波の透過指標であり、受信波形の第一極大振幅が半値となる点を時間軸にプロットした時間幅を示す。

③音速：SOS (speed of sound)

超音波の伝わる速さが密度によって異なることを利用した踵骨部分を透過する超音波の音速を示す。

2) DIP法 (Digital Image Processing method)

①第二中手骨骨量測定 (図. 1)<sup>3)</sup>

Fig. 1 に示すように、手のX線写真の画像の第二中手骨中央部10%を同一画面上のアルミスロープの濃度と比較して骨密度を測定する方法である。 $\Sigma \text{GS}/D$ は、得られた骨濃度の積分値 ( $\Sigma \text{GS}$ ) を骨幅 (D) で除した値であり、これが骨幅当た

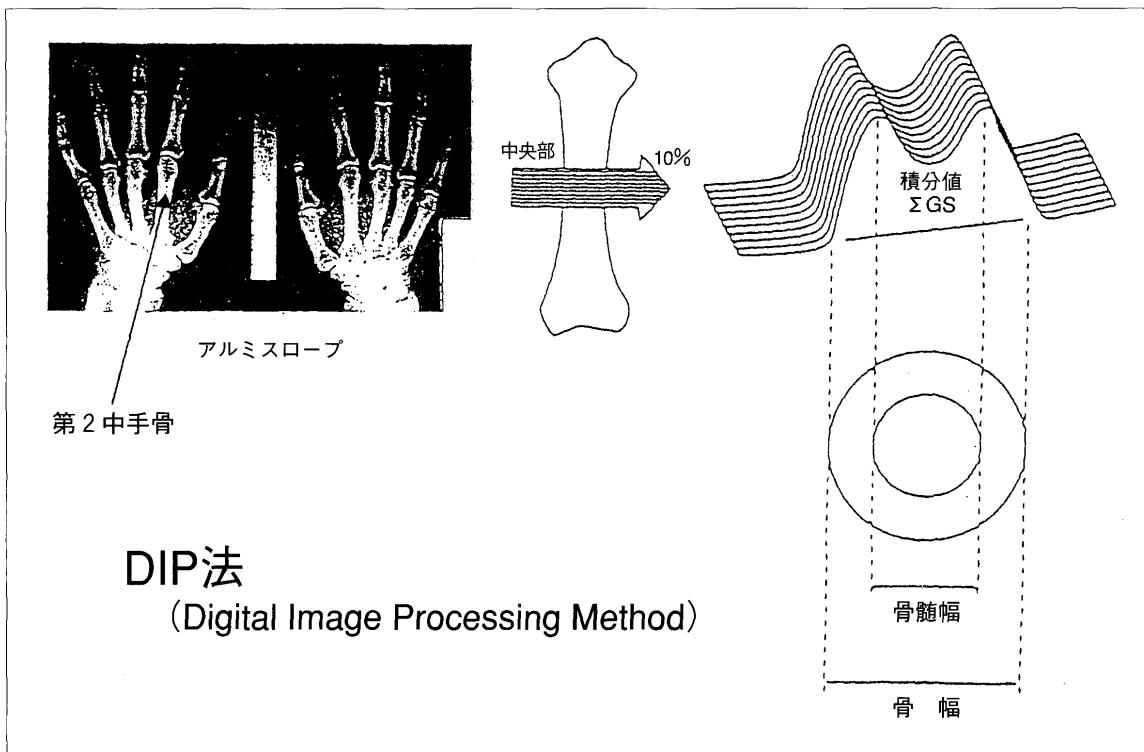


図1 DIP法 (Digital Image Processing Method)

り平均骨密度である。

骨密度 (DIP値 = 単位骨幅当たり平均骨塩量  $\Sigma GS/D$ ; mmAl)

②骨年齢

DIP法で第二中手骨の骨密度を測定した際、撮影したX線フィルムをもとに、Tanner-Whitehouse 2 方式 (TW 2 法)<sup>4)</sup> のRUS法 (橈骨; Radius、尺骨; Ulna、中手骨・指骨; Short bone) 中の13個の骨の形状変化に基づき判定し骨成熟スコアを求め、日本人標準化骨成熟アトラスより、最も未熟な段階を0歳、成熟が完了し成人に達した段階を15歳; adult とする) によって全対象者の骨年齢を求めた。

統計処理は、SPSS統計パッケージ (spss 9.01J for windows, SPSS Inc. Chicago, IL) を使用し、単回帰分析および偏相関分析により個々の因子の関連性を比較検討し、有意差等の検定を行った。

III 結果

1 身体的特徴

Table1に年齢別に層別化した対象者の属性を示す。身長・体重ともに、12歳および13歳に比べ14歳以降は、有意な高値 ( $p < 0.01, p < 0.001$ ) を示し、年齢の上昇に伴う体格の増加が示された。なお、対象者の体格の特徴を全国平均値 (文部科学省: 学校保健統計調査報告書) と比較した結果、身

表1 対象者の属性

Groups (age)	N	Age	Body weight (kg)	Body height (m)	BMI <sup>b)</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	Rohrer <sup>c)</sup> (kg*10 <sup>7</sup> /cm <sup>3</sup> )
12	33	12.8±0.1	42.0±5.8	152.9±6.8	17.9±1.8	117.3±12.9 <sup>a)</sup>
13	122	13.5±0.3	45.3±6.0	154.5±5.4	18.9±2.2	122.7±15.6
14	105	14.5±0.3	47.0±5.2	157.0±4.2	19.1±2.0	121.7±13.3
15	139	15.5±0.3	48.7±6.2	157.1±5.0	19.7±2.3	125.7±15.4
16	85	16.4±0.2	50.8±5.3	158.7±4.9	20.2±2.2	127.6±15.9
total	484	14.8±1.2	47.4±6.2	156.4±5.3	19.3±2.2	123.8±15.1

Data is expressed as Mean±SD BMI: body mass index Rohrer: Rohrer index  
\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

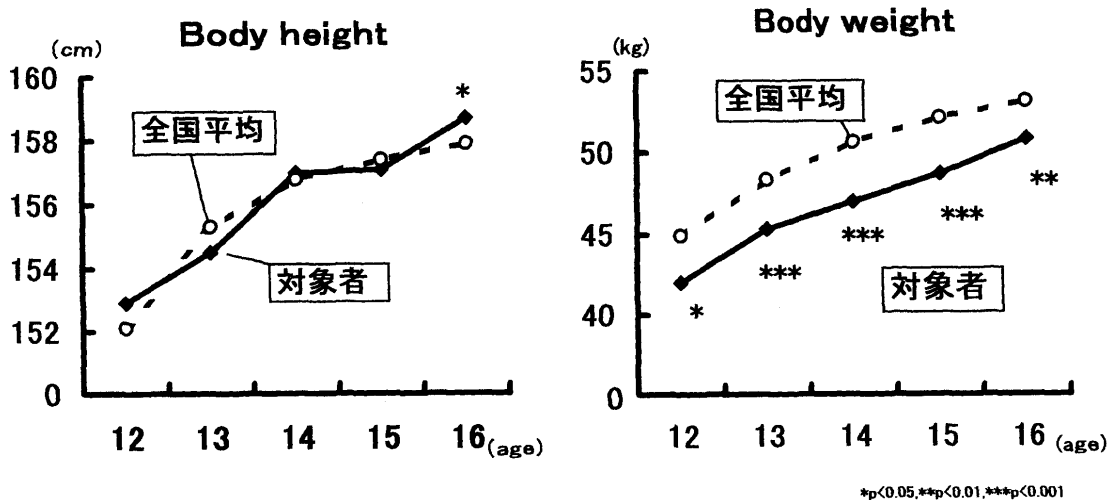


図2 体格の全国平均値との比較 (身長・体重)

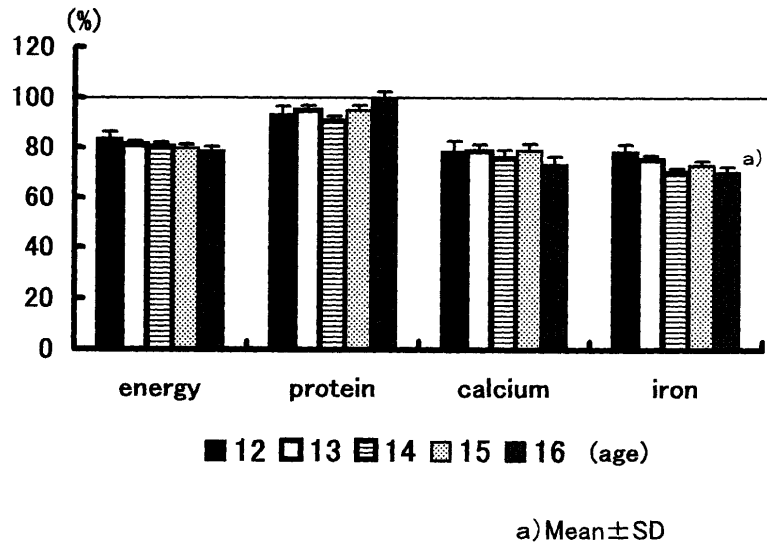
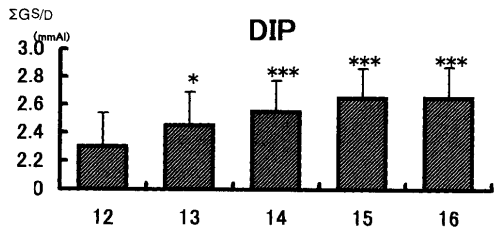


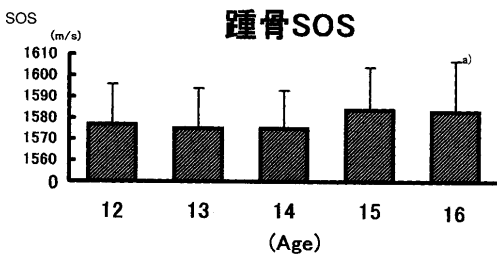
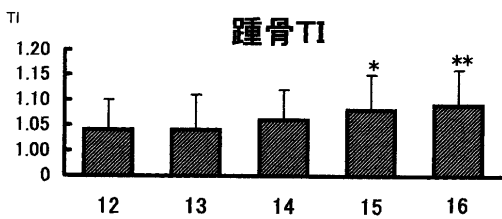
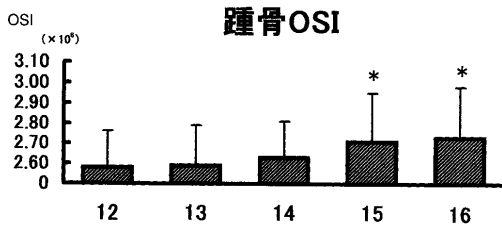
図3 主な栄養素等摂取状況 (充足率%)



長は、12歳から15歳群は、ほぼ全国平均値と同程度の値を示したのに対し、体重は、いずれの年齢群も有意な低値を示した (図2)。

## 2 栄養素等摂取状況

図3 に示すように、どの年齢群も、エネルギー、タンパク質、カルシウム、鉄が、年齢間で有意差は示されなかったものの、いずれも所要量に達しておらず、エネルギーは80%程度の充足率 (12歳から順に、83.3%, 81.1%, 80.3%, 79.8%, 78.5%)、カルシウムおよび鉄は70%台の充足率 (Ca; 78.1%, 78.5%, 75.7%, 78.6%, 73.0%、Fe; 78.2%, 75.2%, 69.9%, 72.7%, 69.9%) であった。



a) Mean ± SD, \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

図4 骨評価値の各パラメーター

## 3 骨評価パラメーター

対象者の骨評価の各パラメーターを年齢別に比較した結果を図4に示す。DIP法による第二中手骨骨量の結果において、12歳から15歳までは増加しているものの15歳から16歳では増加はみられず、ほぼ同値を示した。また、超音波法による音響的骨評価値の結果においては、音響的、総合的骨評価値である OSI (osteosono assessment

index OSI = TI × SOS<sup>2)</sup>および、透過指標を示し骨の量に関連する値と考えられるTI (transmission index) においても、第二中手骨骨量と同様、年齢が上がるに伴い高値を示し、12歳に比べ、15歳および16歳はいずれも、有意な高値 (P<0.05, p<0.01) を示した。しかし、15歳、16歳では、ほぼ同値を示した。

#### 4 骨評価値に対する関連因子 (年齢および体格等)

骨評価値の各パラメーターと関連する因子について、とくに年齢・体格 (身長、体重、体格指数; BMI) 等について単回帰分析で検討した結果をTable2に示す。年齢との関連については、第二中手骨 (DIP法) および踵骨 (OSI, TI, SOS,) いずれのパラ

メーターも有意な正相関 (p<0.01) が示され、その関連性は体重調整後においても第二中手骨 (DIP法) が最も強い相関を示した (p<0.001)。

体格 (身長、体重、体格指数) との関連性 (年齢調整後) では、体重、BMI (body mass index; 体格指数) において、踵骨のTI、OSI、および第二中手骨 (DIP法) の順

表2 骨評価値の各パラメーターとの関連因子 <年齢に対する相関>

	Crude	B.w. adjusted
DIP	0.409***	0.294***
OSI	0.264 **	0.417 **
TI	0.267 **	0.126 **
SOS	0.173 **	0.147 **

\*p<0.05、\*\*p<0.01、\*\*\*p<0.001

#### <体格等に対する相関 (age adjusted) >

	Body height	Body weight	BMI	Years since menarche
DIP	0.000	0.252**	0.230**	0.293**
OSI	-0.005	0.270**	0.291**	0.168**
TI	0.043	0.342**	0.339**	0.177**
SOS	-0.128**	0.016	0.092	0.095*

\*p<0.05、\*\*p<0.01、\*\*\*p<0.001

表3 年齢別骨評価値の各パラメーターとの関連因子 (相関係数)

(age)	12	13	14	15	16
DIP	B.H 0.734	B.H 0.224			
	B.W 0.577	B.W 0.501	B.W 0.297	B.W 0.259	
		BMI 0.433	BMI 0.305	BMI 0.277	
	YSM 0.577	YSM 0.470	YSM 0.449	YSM 0.421	YSM 0.257
	Energy 0.362				
	Prot 0.257				
	Ca 0.344				
OSI	B.W 0.475	B.W 0.241	B.W 0.475	B.W 0.302	
	BMI 0.422	BMI 0.243	BMI 0.547	BMI 0.397	BMI 0.232
		YSM 0.333	YSM 0.429	YSM 0.258	
TI	B.W 0.468	B.W 0.324	B.W 0.559	B.W 0.355	B.W 0.283
		BMI 0.320	BMI 0.601	BMI 0.325	BMI 0.292
		YSM 0.324	YSM 0.439	YSM 0.242	
SOS	BMI 0.417		BMI 0.194		
			YSM 0.230	YSM 0.239	

B.H: body height , B.W: body weight , BMI: body mass index , YSM: years since menarche

Prot:Protein intake , Ca:Calcium intake \*p<0.05、\*\*p<0.01、\*\*\*p<0.001

表4 対象者の骨評価値 (骨年齢を含む)

		全体 (n=484)	12歳 (n=33)	13歳 (n=122)	14歳 (n=105)	15歳 (n=139)	16歳 (n=85)
第二中手骨	DIP(mmAl)	2.55±0.25	2.30±0.24	2.45±0.24a*	2.55±0.22a***, b*	2.65±0.21a***, b***, c*	2.65±0.22a***, b***, c*
	DIP年齢比較値 (%)	101.5±10.7	109.9±11.3	108.0±10.7	103.2±8.7a**, b**	97.2±7.9a***, b***, c***	93.7±8.0a***, b***, c***
	骨年齢	14.1±0.9	12.9±0.7	13.5±0.8a***	14.1±0.8a***, b***	14.6±0.6a***, b***, c***	14.9±0.4a***, b***, c***
	骨年齢<除: Adult> <sup>1)</sup> (n) <sup>2)</sup>	13.4±0.3 (261)	12.9±0.7 (33)	13.3±0.6a*** (108)	13.6±0.4a***, b* (70)	13.7±0.4a***, b** (42)	13.8±0.3a*** (8)
踵骨超音波	OSI	2.66±0.23	2.58±0.18	2.59±0.20	2.63±0.18	2.71±0.24a*, b***	2.73±0.25a*, b***
	OSI年齢比較値 (%)	97.9±8.0	100.9±7.0	98.5±7.8	97.2±6.8	97.9±8.6	96.8±8.9
	SOS	1579±20	1577±19	1575±19	1575±18	1584±20b**, c*	1583±24
	TI	1.06±0.07	1.04±0.06	1.04±0.07	1.06±0.06	1.08±0.07a*, b***	1.09±0.07a**, b***, c*

1) adultに達した対象者を除いた平均骨年齢 (ages)

2) adultに達した対象者を除いた人数

Data is expressed as Mean±SD

a\*p&lt;0.05, a\*\*p&lt;0.01, a\*\*\*p&lt;0.001 VS. 12歳

b\*p&lt;0.05, b\*\*p&lt;0.01, b\*\*\*p&lt;0.001 VS. 13歳

c\*p&lt;0.05, c\*\*\*p&lt;0.001 VS 14歳

表5 骨年齢と骨評価値の各パラメーターとの関連 (相関係数)

	r	p
DIP	0.575	0.001
OSI	0.348	0.001
TI	0.358	0.001
SOS	0.218	0.001

r: 相関係数, p: 確率

で有意な正相関 (いずれも  $p < 0.01$ ) を示した。また、YSM (years since menarche) つまり初経後年数においては、いずれのパラメーターも有意な正の相関を示した ( $p < 0.01, p < 0.05$ )。

### 5 年齢別骨評価値に対する関連因子

各骨評価値に対する関連因子を年齢群ごとに検討した結果をTable 3に示す。第二中手骨 (DIP法) では、体格因子との関連で、12歳群が身長において最も強い正相関 ( $r = 0.734, p < 0.001$ ) を示した。また、12歳群および13歳群がとくに体重で強い相関 (それぞれ  $r = 0.577, p < 0.01, r = 0.501, p < 0.01$ ) を示し、初経後年数 (YSM) は、12歳群が最も強い相関 ( $r = 0.577, p < 0.01$ ) を示した。これらの関連因子は、年齢の上昇とともに関連性は徐々に弱くなる傾向が示された。なお、栄養関連因子 (エネルギー、タンパク質、カルシウム) では12歳群のみ弱いも

のの正の相関が示された。

次いで、踵骨OSI・TIでは、体格因子との関連において12歳群および14歳群が比較的強い相関 ( $r = 0.400$ 以上) を示し、初経後年数との関連では、14歳群が他の群に比べ最も強い正相関 (それぞれ  $r = 0.429, r = 0.439$ , いずれも  $p < 0.01$ ) を示した。

一方、踵骨SOSは、12歳群のBMI以外は、ほとんどの因子において明らかな関連性は示されなかった。

### 6 骨年齢 (成熟度の指標)

Table 4に、年齢別対象者の骨評価値とともに骨年齢を示した。成熟が完了し成人に達したとみなされる adult (骨年齢15歳) の年齢別分布状況は、12歳は0名 (12歳群全体の0%)、13歳は14名 (11.5%)、14歳は35名 (33.3%)、15歳は97名 (69.8%)、16歳では77名 (90.6%) であった。また、骨年齢と骨評価値の各パラメーターとの関連性を単回帰分析で検討した結果 (Table5)、当然の結果ではあるが、DIP法による第二中手骨が最も強い正の相関を示し、次いで踵骨TI、踵骨OSI、踵骨SOSの順であった (それぞれ  $r = 0.575, r = 0.358, r = 0.348, r = 0.218$ , いずれも  $p < 0.001$ )。

さらに、骨評価値および骨年齢に関連する因子を検討した結果をTable6に示す。と

表6 骨評価値及び骨年齢に対する関連因子（相関係数）

		第二中手骨	踵骨超音波法			骨年齢
		DIP法	OSI	SOS	TI	
	年齢（歳）	0.409**	0.264**	0.173**	0.267**	0.682**
	骨年齢	0.575**	0.348**	0.218**	0.358**	.....
	♀（除adult）					
体格	身長（cm）	0.257**	0.104*	-0.049	0.149**	0.284**
	体重（kg）	0.439**	0.368**	0.098*	0.432**	0.533**
	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	0.361**	0.361**	0.143**	0.408**	0.454**
	ローレル指数	0.272**	0.313**	0.152**	0.344**	0.356**
生理状態	月経の有無 <sup>a</sup>	0.418**	0.249**	0.139**	0.266**	0.491**
	初経年齢（歳）	-0.218**	-0.128**	-0.072	-0.137**	-0.245**
	初経後年数（年）	0.546**	0.347**	0.210**	0.360**	-0.787**
	月経状態 <sup>b</sup>	0.391**	0.260**	0.154**	0.277**	0.407**
骨量指標	DIP(mmAl)	.....	.....	.....	.....	.....
	OSI	0.378**	.....	0.770**	.....	.....
	TI	0.376**	0.968**	0.587**	.....	.....
	SOS	0.269**	0.770**	.....	0.587**	.....
身体活動	クラブ活動の有無 <sup>a</sup>	0.033	0.078	-0.031	-0.034	-0.002
	学外運動の有無 <sup>a</sup>	0.011	0.044	0.051	0.038	0.023
	継続スポーツの有無 <sup>a</sup>	-0.005	-0.005	-0.019	0.079	-0.079
栄養	エネルギー(kcal)	-0.122**	-0.066	-0.052	-0.060	-0.112*
	タンパク質(g)	-0.097**	-0.064	-0.060	-0.054	-0.134**
	糖質(g)	-0.115*	-0.044	-0.052	-0.033	-0.118**
	脂質(g)	-0.084	-0.057	-0.026	-0.060	-0.053
	カルシウム(mg)	0.004	-0.012	0.010	-0.016	-0.037
	ビタミンD(IU)	-0.004	-0.035	-0.054	-0.024	0.004
	マグネシウム(mg)	-0.009	-0.019	0.013	-0.027	-0.064
食習慣	牛乳 <sup>c</sup>	0.109*	0.056	0.059	0.050	0.030
	乳製品 <sup>d</sup>	-0.052	-0.025	-0.009	-0.028	-0.059
	小魚 <sup>d</sup>	-0.011	-0.019	-0.064	0.001	0.028
	大豆製品 <sup>d</sup>	-0.078	-0.071	-0.036	-0.076	-0.114*
	魚介類 <sup>d</sup>	0.059	-0.037	-0.064	-0.020	0.008
	肉・卵類 <sup>d</sup>	-0.017	-0.063	-0.019	-0.071	-0.053
	牛乳+乳製品+小魚+大豆製品 合計点 <sup>e</sup>	-0.008	-0.020	-0.016	-0.019	-0.044
	牛乳+乳製品+小魚+大豆製品+魚介類+肉・卵類 合計点 <sup>e</sup>	0.008	-0.038	-0.031	-0.034	-0.049
	インスタント食品 <sup>d</sup>	0.099*	0.099*	0.121**	0.079	0.100*
	朝食 <sup>d</sup>	0.015	0.038	0.081	0.018	-0.077
朝+昼+夕食合計点 <sup>e</sup>	0.011	0.040	0.071	0.024	-0.090*	
生活習慣	ダイエット経験の有無 <sup>a</sup>	0.137**	0.162**	0.095*	0.169**	0.166

a なし：0、有り：1、 b なし：0、不順：1、正常：2

C 本数 殆ど飲まない：1、1本：2、2本：3、3本以上：4

d 頻度 殆ど飲まない：1、1～2回/w：2、3～4回/w：3、5～7回/w：4

e それぞれの頻度（殆ど食べない：1、1～2回/w：2、3～4回/w：3、5～7回/w：4）の合計点



くに、成熟度の指標としての骨年齢に対する関連因子では、初経後年数が最も強い正相関 ( $r=0.787$ ,  $p<0.01$ ) を示した。次いで年齢 ( $r=0.682$ ,  $p<0.01$ )、体重 ( $r=0.533$ ,  $p<0.01$ )、月経の有無 ( $r=0.491$ ,  $p<0.01$ ) であった。

#### IV 考察

本研究における成長期女子の骨評価では、第二中手骨は、12歳から15歳までは増加しているものの15歳から16歳では増加はみられず、ほぼ同値を示した。また、踵骨骨量においても、とくに超音波法による音響的骨評価値を示すOSI、および透過指標を示すTIは、年齢が上がるに伴い高値を示し、12歳に比べ、15歳および16歳はいずれも有意な高値を示したが、15歳、16歳はほぼ同値を示した。すなわち、皮質骨主体の第二中手骨、および海綿骨主体の踵骨の骨形成は同様の推移をたどることが推察された。

骨評価値に関連する因子では、骨評価の各パラメーター別に関連性の強い順に示すと、第二中手骨は、骨年齢 ( $r=0.575$ ) > 初経後年数 ( $r=0.546$ ) > 体重 ( $r=0.439$ ) > 月経の有無 ( $r=0.418$ )、踵骨OSIは、体重 ( $r=0.368$ ) > BMI ( $r=0.361$ ) > 骨年齢 ( $r=0.348$ ) > 初経後年数 ( $r=0.347$ )、踵骨TIは、体重 ( $r=0.432$ ) > BMI ( $r=0.408$ ) > 初経後年数 ( $r=0.360$ ) > 骨年齢 ( $r=0.358$ ) を示した。踵骨SOSはいずれの因子においても相関係数は低値を示し関連性は示されなかった。

骨の形成過程である成長期女子においては、皮質骨主体の第二中手骨および海綿骨主体の踵骨の骨評価の各パラメーターによって、また年齢によって、関連する因子の影響の程度は若干異なる可能性が示された。また、成熟度の指標としての骨年齢に最も強い関連性を示した因子は、初経後年齢であった。成長期の骨量に関しては、Cooperら<sup>5)</sup>は小児期の発育状況が最大骨量

(PBM) の重要な決定因子であることを示し、Ruizら<sup>6)</sup>は小児期・思春期においては、体重と性成熟度が骨量の主たる決定要因であることを報告している。

また、本研究の結果では、栄養因子と骨量の関連性は示されなかったが、我々は、成長期女子の骨量に対する体格・栄養摂取状況の影響について検討<sup>7)</sup>し、適正体重の確保およびカルシウムをはじめとする十分量の栄養素等摂取の重要性を指摘している。

本研究における成長期女子の成熟度の指標としての骨年齢を加味した骨評価においては、超音波法による踵骨は、成熟度(骨年齢)に比べ体重およびBMI等の体格に関連した因子の方が関連性が強いことが示された。したがって、成長期女子対象とした超音波法による骨評価において、体格および初経発来の有無、初経後年数などの適切な評価が実施されるのであれば、成熟度としての骨年齢を評価対象に加えることなく超音波法による骨評価を実施することは、成長期の健康管理の一環として、また、非侵襲的で安全性に優れた方法として有効である可能性が示唆された。

#### 謝辞

本研究の骨年齢の評価にあたり、東北大学歯学部 佐藤亨至先生に多大なるご協力を賜りましたことに心より深謝申し上げます。

なお、本研究は、平成12・13年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C) No. 12680142)により遂行できましたことに対し、文部科学省に心より感謝申し上げます。

#### 文献

- 1) 山本逸雄：骨粗鬆症人口の推定, Osteoporosis Japan 7, pp10-11, 1997.
- 2) 江澤郁子他：健康日本21より(厚生労働省保健医療局), 臨床栄養 96: pp799-838, 2000.

- 3) Hayashi Y, Yamamoto K;DIP method:  
The Measurement of the Bone Mineral  
and Osteoporosis (Morita R ed.).  
pp43-47. Medical Review tokyo. 1989.
- 4) 村田光範, 松尾宣武, 田中敏章ら: 日  
本人標準骨成熟アトラス—TW2法に基  
づく—. 金原出版株式会社. 東京.  
1994.
- 5) Cooper C, Cawley M, Bhalla A, et al:  
Childhood Growth, Physical Activity,  
and Peak Bone Mass in Women, J  
Bone Miner Res, 10: pp940–947, 1995.
- 6) Ruiz JC, Mandel C, Garabedian M.:  
Influence of Spontaneous Calcium  
Intake and Physical Exercise on the  
Vertebral and Femoral Bone Mineral  
Density of Children and Adolescents,  
J Bone Miner Res, 10: pp675–682,  
1995.
- 7) Tsukahara N, Ezawa I et al.: Effects  
of Physical Characteristics and Die-  
tary Habits on Bone Mineral Density  
in Adolescent Girls, J Nutr Sci  
Vitaminol, 43: pp643–655, 1997.