

原 著

手骨骨塩量の年間変化量と身長変化，初経時期および
下顎骨成長との関連に関する研究

千田まちよ

東北大学歯学部歯科矯正学講座

Machiyo CHIDA

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Tohoku University

キーワード：骨塩量，身長，下顎骨成長，初経，CXD 法

Computed X-ray densitometry (CXD) 法を用いて手骨骨塩量の年間変化量を求め，それと全身成長や下顎骨成長との関連について調べた。

研究対象は初検査時 7 歳から 19 歳までの健常日本人女子 199 名，男子 68 名である。研究に用いた資料は，それぞれについて 2～3 年にわたり経年的に採得した手骨 X 線写真，側面頭部 X 線規格写真および身長計測値である。本研究では，これら短期縦断資料を年齢的に連続させ，全体資料を半縦断的に検討することとした。なお，骨塩量の計測は，骨塩定量検査装置（ボナライザー，帝人，東京）を用いた。

結果は以下の通りであった。

1. CXD 法によって得た単位骨幅当たりの平均の骨塩量の増加ピークは身長および下顎骨の増加ピークより 2～3 年遅れて発現した。女子では骨塩量は初経前後 1 年間に最大の増加ピークを示し，10 代のうちに最大骨量に達するものと推察された。

2. CXD 法の各指標を説明変数とし，その後の下顎骨全体長の増加量を目的変数として重回帰分析を行ったところ，特に男子で高い重相関係数が得られた。

3. 単位骨幅当たりの骨塩量の平均変化推移は，下顎骨成長の平均的動態を示す指標になることが示された。

(日矯歯誌 55(2) : 98～110, 1996)

Relationship between mineral density of
hand bone and body height, menarche
appearance and mandibular growth

The purpose of this study was to examine the relationship between annual increments of mandibular growth and the bone mineral density using computed X-ray densitometry (CXD) method.

Subjects consisted of 199 girls and 68 boys ranging in age from 7 to 19 years at initial stage. The materials used were serial hand bone X-ray films with an aluminum step-wedge ruler, lateral cephalograms and body height data taken over 2 or 3 years. These data of short term were studied as semi-longitudinal data. The mineral density of hand bone was measured by a quantitative analyzing system "Bonalyzer" (Teijin Ltd., Tokyo).

Results were as follows :

1. Peak velocity of bone mineral density measured by CXD method appeared about 2 or 3-years later than those of body height and mandible and ± 1 -year around menarche in girls. It was suggested that many girls acquired peak bone mass in their late teens.

2. When multiple regression analysis with annual increments of mandible as criterion variable and parameters of CXD method as predictor variables was applied, multiple correlation was 0.7～0.9 in boys.

3. It was indicated that the average change of mineral density obtained by CXD method was useful for the evaluation of mandibular growth.

(J. Jpn. Orthod. Soc. 55(2) : 98～110, 1996)

表 1 ステージ 1 における年齢別の資料数

暦年齢 (歳)	女子	男子
7.0~9.9	33 (9)	10 (5)
10.0~11.9	40 (14)	18 (7)
12.0~13.9	51 (20)	17 (7)
14.0~15.9	42 (9)	15 (5)
16.0~19.9	33 (1)	8 (0)
計	199 (53)	68 (24)

() はステージ 3 まで資料のあるもの

緒 言

矯正歯科臨床においては、個々の患者の骨成熟段階を知ることは、治療の時期や方法を決定するうえで極めて重要である。これまでのところ、個体の骨成熟度を評価する生理学的指標として、身長値の増加様相¹⁾、手骨や頸椎の X 線写真上における骨化度²⁾、歯の形成度³⁾、二次性徴の発現³⁾等が用いられているが、これらのうち、手骨骨化度はそれを最も良く反映する指標と考えられている^{2,4)}。一般に手骨 X 線写真は、手骨各部の骨化イベントの発現やそれらの進行度を総合的に判定して算出する骨年齢法を用いて評価されているが、著者ら⁴⁾は、その 1 つである Tanner-Whitehouse 2 法 (以下、TW2 法と呼ぶ)⁵⁾を利用して顎骨の成長予測を試みた。しかし、手骨 X 線写真の読影にはかなりの習熟を必要とすることや、評価基準に不明確な表現が多く、再現性に問題があること⁶⁾、思春期性成長ピークを過ぎた思春期後期においては橈骨のみが評価対象となるため、誤差が大きくなりやすいなどという問題点が残された⁴⁾。

そこで著者ら⁷⁾は、骨塩量が成長期において経年的に変化することに新たに着目し、それと骨年齢や身長との関連性について調べ、それをもとに小児の骨成長段階の評価を行った。しかしその評価は横断資料を用いた検討であったため、骨塩量変化様相の概略的な把握は可能であるものの、変化推移についてはより詳細に検討することが必要であると考えられた。そこで、本研究では、以上の研究成果をふまえて、短期縦断資料をもとにして半縦断的に 7 歳から 20 歳に至る第二中手骨骨塩量の変化様相を求め、それと全身成長および下顎骨各部の変化様相との間にどのような関連があるかについて明らかにすることとした。

資 料

研究対象者は、不正咬合を主訴として東北大学歯学部附属病院矯正科に来院し、骨系統疾患や内分泌疾患等の問診による既往がなく、健常と判断された初検査時の暦年齢が 7~19 歳までの女子 199 名、男子 68 名、

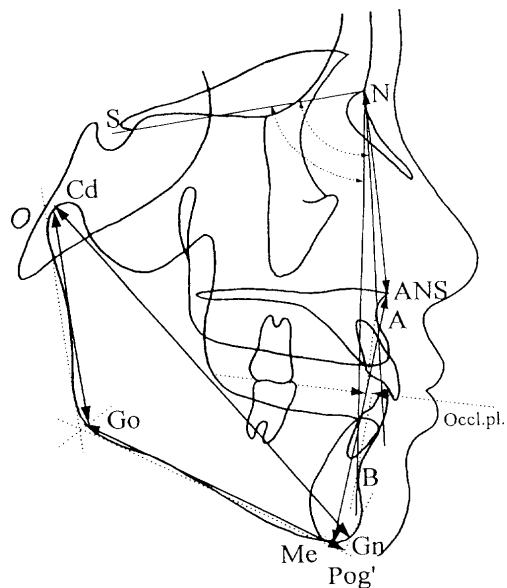


図 1 側面頭部 X 線規格写真の計測部位

計 267 名である。研究対象者の選択にあたっては、下顎骨の成長に影響を及ぼす可能性のある顎整形力は用いていないものとした。研究資料は、各人につきほぼ 1 年間隔で 2~3 年にわたり縦断的に撮影された側面頭部 X 線規格写真 (以下、セファロと呼ぶ)、アルミニウム・ステップ入り手骨 X 線写真および同時期に計測された身長値である。初検査時をステージ 1、その 1 年後をステージ 2、その 2 年後をステージ 3 とし、表 1 に本研究で用いた対象者のステージ 1 における各暦年齢群別の資料数を示した。また 267 名中、ステージ 1 とステージ 2 の資料のみがあるものが 190 名、ステージ 1、ステージ 2 およびステージ 3 の資料があるものが 77 名であった。本研究では、これら短期縦断資料を年齢的に連続させ、全体資料を半縦断的に検討することとした。

方 法

手骨 X 線写真は、フィルム中央に骨塩量計測基準となるアルミニウム階段ルーラーを置き、両手を広げ手指が互いに重ならないようにして撮影した。骨塩量の計測部位は、従来の方法⁷⁻¹⁰⁾に準じ、右手第二中手骨中央部とした。計測には骨塩定量検査装置 (ボナライザー、帝人、東京) を用いた。本装置は、骨塩量測定法の 1 つである Computed X-ray densitometry 法 (以下、CXD 法と呼ぶ)⁸⁻¹⁰⁾を用いるもので、アルミニウム階段の認識、濃淡補正、軟部組織補正、パターン検出がコンピューターにより制御され、次に示す計測項目が自動的に算出される機能をもつ装置である⁸⁻¹⁰⁾。本研究で計測した骨塩定量検査項目は以下の通りである。

単位骨幅当たりの平均の骨塩量 ($\Sigma GS/D$)

表 2 ステージ 1 における被験者の骨成熟度, 身長と顎顔面各部の平均値 (女子)

年齢群	平均値 $\pm$ 1SD				
	7.0~9.9 (歳)	10.0~11.9 (歳)	12.0~13.9 (歳)	14.0~15.9 (歳)	16.0~19.9 (歳)
暦年齢 (歳)	8.9 $\pm$ 0.82	11.0 $\pm$ 0.62	12.9 $\pm$ 0.63	14.9 $\pm$ 0.59	17.2 $\pm$ 1.11
骨年齢 (歳)	8.6 $\pm$ 1.31	10.9 $\pm$ 1.09	12.4 $\pm$ 1.14	14.2 $\pm$ 0.65	14.7 $\pm$ 0.18
身長 (cm)	129.9 $\pm$ 7.78	143.1 $\pm$ 8.18	152.3 $\pm$ 7.15	157.7 $\pm$ 4.82	158.6 $\pm$ 4.89
$\angle$ SNA (度)	80.2 $\pm$ 3.00	80.7 $\pm$ 3.27	81.1 $\pm$ 2.96	80.8 $\pm$ 3.72	81.7 $\pm$ 3.29
$\angle$ SNB (度)	77.1 $\pm$ 3.20	78.1 $\pm$ 3.81	78.6 $\pm$ 4.09	78.5 $\pm$ 4.21	79.2 $\pm$ 3.57
$\angle$ ANB (度)	3.1 $\pm$ 2.59	2.5 $\pm$ 2.52	2.5 $\pm$ 2.20	2.3 $\pm$ 2.78	2.6 $\pm$ 3.18
A・B to occl. pl. (mm)	-2.3 $\pm$ 3.11	-1.8 $\pm$ 3.67	-2.3 $\pm$ 3.22	-2.5 $\pm$ 3.86	-2.2 $\pm$ 3.31
N-ANS (mm)	49.0 $\pm$ 2.84	51.5 $\pm$ 2.98	53.5 $\pm$ 2.49	54.4 $\pm$ 2.51	55.2 $\pm$ 2.41
ANS-Me (mm)	63.2 $\pm$ 4.57	63.8 $\pm$ 4.30	66.4 $\pm$ 5.09	69.3 $\pm$ 4.98	69.5 $\pm$ 5.06
Cd-Go (mm)	47.9 $\pm$ 3.42	50.6 $\pm$ 3.26	52.3 $\pm$ 3.84	54.6 $\pm$ 4.68	57.0 $\pm$ 4.08
Go-Pog' (mm)	67.3 $\pm$ 3.29	70.7 $\pm$ 4.37	73.3 $\pm$ 3.46	75.2 $\pm$ 4.47	76.9 $\pm$ 4.82
Cd-Gn (mm)	105.2 $\pm$ 4.84	107.2 $\pm$ 5.78	110.9 $\pm$ 4.23	114.9 $\pm$ 6.13	117.3 $\pm$ 5.42

表 3 ステージ 1 における被験者の骨成熟度, 身長と顎顔面各部の平均値 (男子)

年齢群	平均値 $\pm$ 1SD				
	7.0~9.9 (歳)	10.0~11.9 (歳)	12.0~13.9 (歳)	14.0~15.9 (歳)	16.0~19.9 (歳)
暦年齢 (歳)	8.7 $\pm$ 0.82	11.0 $\pm$ 0.68	13.1 $\pm$ 0.54	15.2 $\pm$ 0.47	17.3 $\pm$ 1.04
骨年齢 (歳)	8.5 $\pm$ 1.54	10.9 $\pm$ 1.39	12.7 $\pm$ 1.08	14.9 $\pm$ 0.89	16.0 $\pm$ 0.25
身長 (cm)	129.5 $\pm$ 6.16	142.7 $\pm$ 6.77	154.9 $\pm$ 8.23	169.0 $\pm$ 5.49	172.0 $\pm$ 4.69
$\angle$ SNA (度)	80.4 $\pm$ 2.49	80.2 $\pm$ 4.13	78.3 $\pm$ 3.14	81.1 $\pm$ 3.80	81.3 $\pm$ 4.23
$\angle$ SNB (度)	78.0 $\pm$ 3.17	77.2 $\pm$ 3.69	75.8 $\pm$ 3.90	79.9 $\pm$ 4.68	78.6 $\pm$ 4.96
$\angle$ ANB (度)	2.5 $\pm$ 3.32	3.0 $\pm$ 2.73	2.5 $\pm$ 2.27	1.2 $\pm$ 3.06	2.6 $\pm$ 1.79
A・B to occl. pl. (mm)	-3.0 $\pm$ 3.06	-2.4 $\pm$ 3.31	-1.9 $\pm$ 3.23	-4.4 $\pm$ 4.55	-1.1 $\pm$ 1.89
N-ANS (mm)	50.2 $\pm$ 1.91	53.4 $\pm$ 2.41	57.0 $\pm$ 3.04	58.5 $\pm$ 3.70	58.8 $\pm$ 3.42
ANS-Me (mm)	62.2 $\pm$ 6.04	66.5 $\pm$ 4.66	69.4 $\pm$ 5.64	73.8 $\pm$ 5.55	74.2 $\pm$ 6.26
Cd-Go (mm)	50.0 $\pm$ 3.82	51.7 $\pm$ 4.30	54.8 $\pm$ 3.46	59.9 $\pm$ 3.70	63.5 $\pm$ 6.14
Go-Pog' (mm)	68.4 $\pm$ 3.75	73.4 $\pm$ 4.24	73.4 $\pm$ 5.33	80.8 $\pm$ 5.50	77.4 $\pm$ 2.26
Cd-Gn (mm)	103.5 $\pm$ 5.32	111.1 $\pm$ 5.41	114.0 $\pm$ 6.66	124.8 $\pm$ 7.95	122.5 $\pm$ 4.74

骨皮質の骨塩量 (GSmax)

骨皮質および骨髄質の骨塩量 (GSmin)

骨皮質幅指数 (MCI)

骨髄質幅 (d)

第二中手骨幅 (D)

第二中手骨長 (L)

顎顔面各部の計測は, セファロ上で透写図を作成し, 各ステージについて下顎骨全体長 (Cd-Gn), 下顎枝高 (Cd-Go), 下顎骨体長 (Go-Pog') について行った。また, 顎顔面形態の把握を目的としてステージ 1 における顔面各部の計測を行った (図 1)。次に, ステージ 1 において個体の成熟度を評価するために TW2 法に従って橈骨 (Radius), 尺骨 (Ulna), 中手骨・指骨 (Short bones) を評価対象とした RUS スコア⁵⁾を求め, 日本人標準化骨年齢^{4,11)}を求めた。

次に, 身長, 下顎骨各部, 骨塩定量検査項目それぞれについて, 全被験者 267 名についてステージ 1 から

ステージ 2 までの平均年間変化量を求め, またステージ 3 の資料のある 77 名についてはさらにステージ 2 からステージ 3 までの平均年間変化量を求めた。ステージ 1 の年齢, およびステージ 3 の資料のあるものについてはステージ 2 の年齢で男女それぞれについて 7.0~9.9 歳, 10.0~11.9 歳, 12.0~13.9 歳, 14.0~15.9 歳, 16.0~19.9 歳の 5 つの年齢群に分類した。ステージ 1 とステージ 2, またはステージ 2 とステージ 3 の計測値について paired-t-test を用いて差の検定を行った。

次に, 暦年齢に基づいた骨塩定量検査項目の 1 つである Σ GS/D の年間変化量の散布図を作成し, その変化速度ピークの時期と変化様相を概略的に把握する目的で, 男女それぞれの 3 次回帰曲線を求めて性差の有無を検討した。さらに, 顎顔面形態と Σ GS/D の変化量の関係を検討した。顎顔面形態は ANB 角を基準として Class I (女子: 2.5~4.5 度, 男子: 1.5~4.5

表 4 各年齢群におけるステージ 1 からステージ 2, またはステージ 2 からステージ 3 までの平均年間変化量 (女子)
平均値 $\pm$ 1SD

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 37	10.0~11.9 (歳) 54	12.0~13.9 (歳) 68	14.0~15.9 (歳) 57	16.0~19.9 (歳) 36
身長 (cm)	6.19 $\pm$ 1.64 ***	6.20 $\pm$ 1.83 ***	3.00 $\pm$ 2.11 ***	0.69 $\pm$ 0.66 ***	0.24 $\pm$ 0.55 *
Cd-Go (mm)	1.45 $\pm$ 1.05 ***	1.57 $\pm$ 1.05 ***	0.89 $\pm$ 1.22 ***	0.60 $\pm$ 0.85 ***	0.13 $\pm$ 0.34 *
Go-Pog' (mm)	1.70 $\pm$ 0.96 ***	1.74 $\pm$ 1.04 ***	1.14 $\pm$ 1.11 ***	0.30 $\pm$ 0.79 **	0.18 $\pm$ 0.45 *
Cd-Gn (mm)	2.75 $\pm$ 0.79 ***	2.57 $\pm$ 1.03 ***	1.95 $\pm$ 1.25 ***	0.66 $\pm$ 0.68 ***	0.28 $\pm$ 0.41 ***
Σ GS/D	0.07 $\pm$ 0.10 ***	0.14 $\pm$ 0.13 ***	0.14 $\pm$ 0.14 ***	0.06 $\pm$ 0.16 **	0.05 $\pm$ 0.14 *
GSmax	0.08 $\pm$ 0.13 **	0.19 $\pm$ 0.18 ***	0.17 $\pm$ 0.17 ***	0.09 $\pm$ 0.22 **	0.09 $\pm$ 0.19 **
GSmin	0.09 $\pm$ 0.12 ***	0.18 $\pm$ 0.18 ***	0.18 $\pm$ 0.17 ***	0.08 $\pm$ 0.18 **	0.08 $\pm$ 0.17 *
MCI	0.013 $\pm$ 0.020***	0.023 $\pm$ 0.154***	0.019 $\pm$ 0.021***	0.011 $\pm$ 0.018***	0.003 $\pm$ 0.033
d (mm)	0.03 $\pm$ 0.17	-0.05 $\pm$ 0.64	-0.14 $\pm$ 0.40 **	-0.10 $\pm$ 0.15 ***	-0.07 $\pm$ 0.12 *
D (mm)	0.22 $\pm$ 0.11 ***	0.24 $\pm$ 0.41 ***	0.10 $\pm$ 0.18 ***	-0.02 $\pm$ 0.11	0.01 $\pm$ 0.09
L (mm)	2.27 $\pm$ 0.92 ***	2.33 $\pm$ 1.68 ***	0.78 $\pm$ 1.46 ***	-0.14 $\pm$ 0.93	-0.19 $\pm$ 0.99

ステージ 1 とステージ 2, またはステージ 2 とステージ 3 の
計測値について, paired-t-test を用いて差の検定を行った

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表 5 各年齢群におけるステージ 1 からステージ 2, またはステージ 2 からステージ 3 までの平均年間変化量 (男子)
平均値 $\pm$ 1SD

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 13	10.0~11.9 (歳) 21	12.0~13.9 (歳) 28	14.0~15.9 (歳) 20	16.0~19.9 (歳) 10
身長 (cm)	5.18 $\pm$ 0.83 ***	7.06 $\pm$ 2.31 ***	6.98 $\pm$ 2.75 ***	2.40 $\pm$ 2.39 ***	0.12 $\pm$ 0.74
Cd-Go (mm)	0.97 $\pm$ 1.22 *	1.79 $\pm$ 1.33 ***	2.36 $\pm$ 1.27 ***	1.58 $\pm$ 1.50 ***	0.57 $\pm$ 0.77 *
Go-Pog' (mm)	1.75 $\pm$ 0.56 ***	1.96 $\pm$ 0.98 ***	2.14 $\pm$ 1.24 ***	1.06 $\pm$ 1.20 ***	0.32 $\pm$ 0.39 *
Cd-Gn (mm)	2.16 $\pm$ 0.95 ***	3.15 $\pm$ 1.45 ***	3.50 $\pm$ 1.47 ***	2.09 $\pm$ 1.56 ***	0.57 $\pm$ 0.61 *
Σ GS/D	-0.05 $\pm$ 0.10	0.06 $\pm$ 0.14 *	0.20 $\pm$ 0.12 ***	0.13 $\pm$ 0.15 ***	0.08 $\pm$ 0.15
GSmax	-0.07 $\pm$ 0.13	0.07 $\pm$ 0.18	0.26 $\pm$ 0.16 ***	0.16 $\pm$ 0.19 ***	0.13 $\pm$ 0.20
GSmin	-0.03 $\pm$ 0.13	0.10 $\pm$ 0.19 *	0.24 $\pm$ 0.15 ***	0.15 $\pm$ 0.19 **	0.09 $\pm$ 0.20
MCI	0.002 $\pm$ 0.016	0.008 $\pm$ 0.018	0.017 $\pm$ 0.054	0.016 $\pm$ 0.023**	0.013 $\pm$ 0.020
d (mm)	0.09 $\pm$ 0.09 **	0.10 $\pm$ 0.13 **	0.02 $\pm$ 0.47	-0.09 $\pm$ 0.26	-0.14 $\pm$ 0.16 *
D (mm)	0.17 $\pm$ 0.15 **	0.27 $\pm$ 0.18 ***	0.31 $\pm$ 0.21 ***	0.10 $\pm$ 0.22	-0.02 $\pm$ 0.16
L (mm)	1.56 $\pm$ 0.77 ***	2.38 $\pm$ 1.47 ***	2.36 $\pm$ 1.85 ***	0.13 $\pm$ 1.67	-0.29 $\pm$ 1.24

ステージ 1 とステージ 2, またはステージ 2 とステージ 3 の
計測値について, paired-t-test を用いて差の検定を行った

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

度), Class II (4.6 度以上), Class III (女子: 2.4 度以下, 男子: 1.4 度以下) に分類した。

身長, 下顎骨各部, Σ GS/D についてはそれぞれ年間増加量の 3 次回帰曲線を求めてその変化様相について比較検討した。

女子については骨塩量, 身長および下顎骨全体長の増加様相と初経時期との関係を検討するために, 初経時期の明確な 45 名を初経の 1~2 年前, 1 年前から初経まで, 初経から 1 年後, 1~2 年後の 4 群に分類し, それぞれの群の平均変化量を求めた。

次に, Σ GS/D の変化推移と下顎骨成長との関連を詳細に検討する目的で以下の検討を行った。まず, 各暦年齢群毎に下顎骨全体長の年間増加量と身長および骨塩定量検査項目の年間変化量との相関を調べた。次

に, ステージ 1 またはステージ 2 における暦年齢, 下顎骨全体長, 身長および骨塩定量検査項目とその後 1 年間の下顎骨全体長の増加量との相関について調べた。さらに, ステージ 1 からステージ 2 までの下顎骨全体長の増加量を目的変量とし, ステージ 1 における日本人標準化骨年齢および骨塩定量検査項目を説明変数として重回帰分析を適用した。

なお, 統計学的検定には Excel (マイクロソフト社) および Excel 多変量解析 (エスミ社) を用いた。

結 果

表 2, 3 に女子, 男子それぞれのステージ 1 における各年齢群の暦年齢, 標準化骨年齢, 身長, 顎顔面各

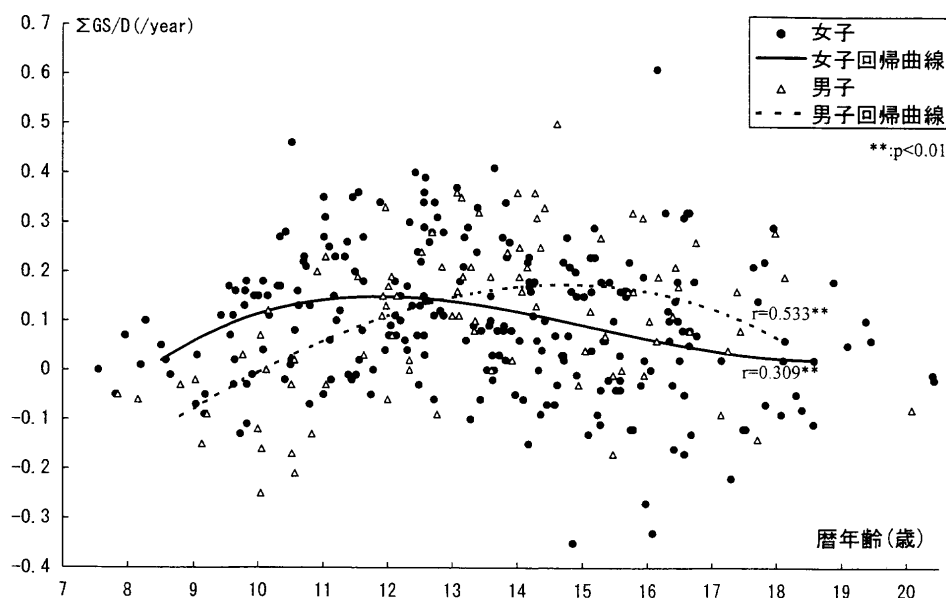


図2 骨塩量 ($\Sigma GS/D$) の年間変化量の散布図と男女の回帰曲線の比較

部の平均値および標準偏差を示した。

表4, 5に各年齢群におけるステージ1からステージ2, またはステージ2からステージ3までの身長, 下顎骨各部および骨塩定量検査項目の平均年間変化量とその有意性の検定結果を示した。女子においては身長, 下顎骨各部, $\Sigma GS/D$, GS_{max} , GS_{min} はすべての年齢群で有意な増加を示した。MCI は14.0~15.9歳群まで, DおよびLは12.0~13.9歳群まで有意に増加していたが, dは12.0~13.9歳群以後有意の減少を示した。男子においてもほぼ同様の傾向が認められた。

図2に暦年齢と $\Sigma GS/D$ の年間変化量との散布図と, 男女それぞれの3次回帰曲線を示した。女子では8歳頃より増加し, 12歳に増加のピークを示したのに対して, 男子では10歳頃より増加を始め, 14.5歳に増加のピークを示し, その変化様相には明らかな性差が認められた。

図3, 4に女子, 男子それぞれの $\Sigma GS/D$ の年間変化量の散布図と, ANB角によって分類した顎顔面形態それぞれの回帰曲線を示した。その結果, 女子においては顎顔面形態と骨塩量変化様相とは一定の関係を見出すことはできず, また男子では資料数が少ないためにそれは明らかにできなかった。

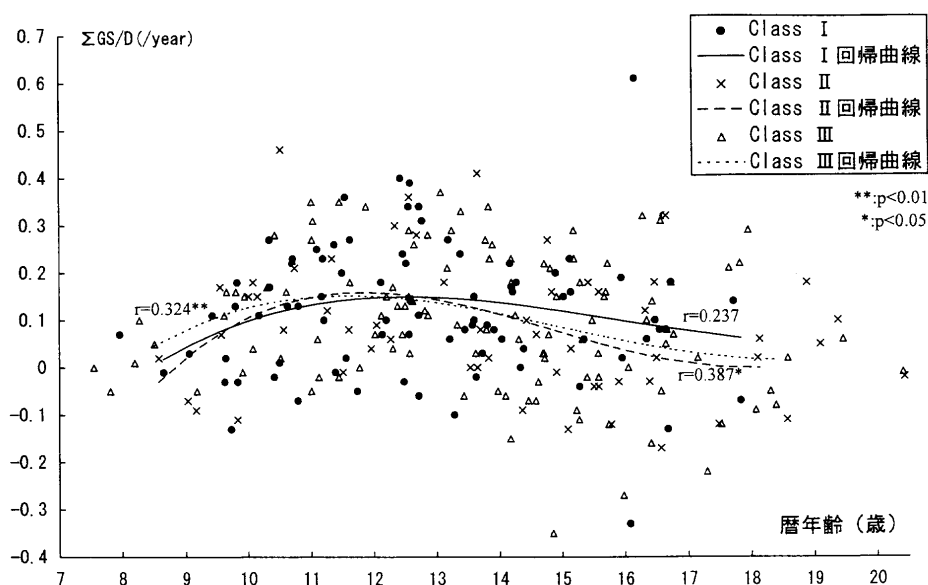
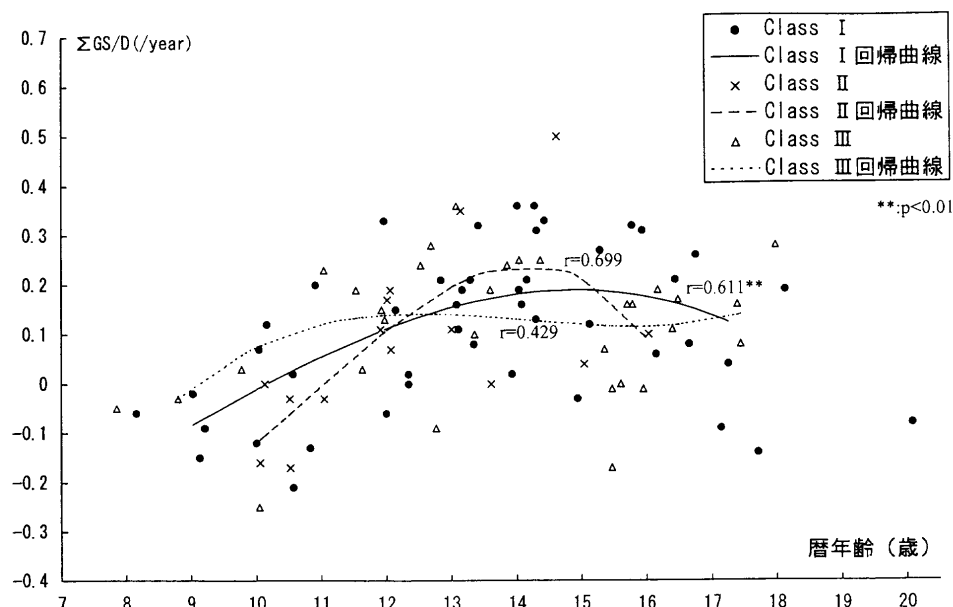
図5, 6に女子, 男子それぞれの下顎骨各部, 身長, および $\Sigma GS/D$ の年間増加量の回帰曲線を示した。左縦軸に下顎骨各部と身長の年間増加量を, 右縦軸に $\Sigma GS/D$ の年間変化量を示した。図から明らかなように, 女子においては下顎骨各部と身長の増加ピークはそれぞれ9.5~10歳, 9.5歳であるのに対し, $\Sigma GS/D$ のピークはそれらより約2年遅れて発現した。男子においては下顎骨各部, 身長計測値のピークはそれぞれ11.5~12.5歳前後, 11.5歳であるのに対し, $\Sigma GS/D$ のピークはそれらより2~3年遅れて発現した。

図7に初経時期の明確な45名の女子について, 初経時期を基準として求めた身長, 下顎骨全体長, 第二中手骨長および $\Sigma GS/D$ の平均年間変化量の推移を示した。なお, 45名の平均初経年齢は12.6歳であった。その結果, 身長, 第二中手骨長および下顎骨全体長の増加ピークは初経時期の1年以上前に存在しているのに対して, $\Sigma GS/D$ は初経後1年間に増加のピークが存在し, それ以後の年間増加量では有意な増加を示さなかった。

表6, 7に下顎骨全体長の年間増加量と身長および骨塩定量検査項目の変化量との相関を示した。女子においては, 下顎骨全体長の増加量と有意な相関を示したものは, 10.0~11.9歳群では身長およびD, 12.0~13.9歳群では身長, $\Sigma GS/D$, GS_{max} , D, Lであった。男子においては, 10.0~11.9歳, 12.0~13.9歳, 14.0~15.9歳群では身長, D, Lと, 12.0~13.9歳群では GS_{max} であった。

表8, 9に女子, 男子それぞれについてステージ1およびステージ2における暦年齢, 下顎骨全体長, 身長および骨塩定量検査項目と, その後1年間の下顎骨全体長の年間増加量との相関について示した。女子においては, 下顎骨全体長の増加量と有意な相関を示したものは, 12.0~13.9歳群では暦年齢, 身長, $\Sigma GS/D$, GS_{max} , GS_{min} , MCI, dおよびLと, 14.0~15.9歳群では暦年齢, 下顎骨全体長と, 16.0~19.9歳群で身長であった。一方, 男子においては14.0~15.9歳群では暦年齢, $\Sigma GS/D$, GS_{max} , GS_{min} と, 16.0~19.9歳群では $\Sigma GS/D$, GS_{max} であった。しかし, 女子においては10.0~11.9歳群以前, 男子においては12.0~13.9歳以前に有意な相関を示す項目はなかった。

次に, ステージ1の暦年齢から資料を7.0~11.9歳,

図3 骨塩量 ($\Sigma GS/D$) の年間変化量および顎顔面形態ごとの回帰曲線の比較 (女子)図4 骨塩量 ($\Sigma GS/D$) の年間変化量および顎顔面形態ごとの回帰曲線の比較 (男子)

12.0~13.9 歳, 14.0~19.9 歳の 3 群に分類し, ステージ 1 からステージ 2 までの下顎骨全体長の増加量を目的変数, ステージ 1 における標準化骨年齢, 骨塩定量検査項目のすべての項目, およびその両者を説明変数として単または重回帰分析を行った. 表 10 にそれらの (重) 相関係数, (重) 決定係数を示した. 女子では骨塩定量検査項目を説明変数とした場合, 12.0~13.9 歳群で重相関係数 0.590 を示したが, 14.0~19.9 歳群では 0.350 であり, 骨年齢を加えても 0.520 程度であった. しかし, 男子では 12.0~13.9 歳群で重相関係数は 0.907 を示し, 7.0~11.9 歳群で 0.818, 14.0~19.9 歳群で 0.742 といずれも高い値を示した.

考 察

1. 研究対象者および資料について

染色体異常, 内分泌疾患, 先天性心疾患, 長期ステロイド投与症例では CXD 法による $\Sigma GS/D$ は低値を示すことが報告されている⁷⁾. 従って, 本研究ではこれらの疾患を有する患者を検討対象より除外した.

表 2, 3 に示すように, 各年齢群における平均標準化骨年齢は暦年齢とほぼ一致していた. また身長について文部省学校保健統計調査報告書¹²⁾と比較すると, 各年齢群において男女とも第一標準偏差内にあった.

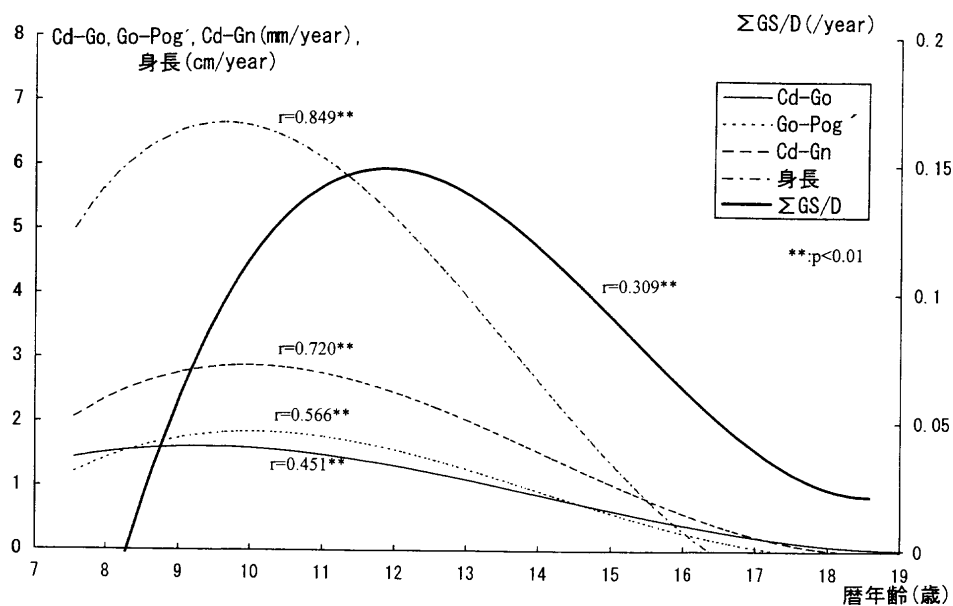


図5 下顎骨各部, 身長, 骨塩量 (ΣGS/D) の年間増加量の回帰曲線 (女子)

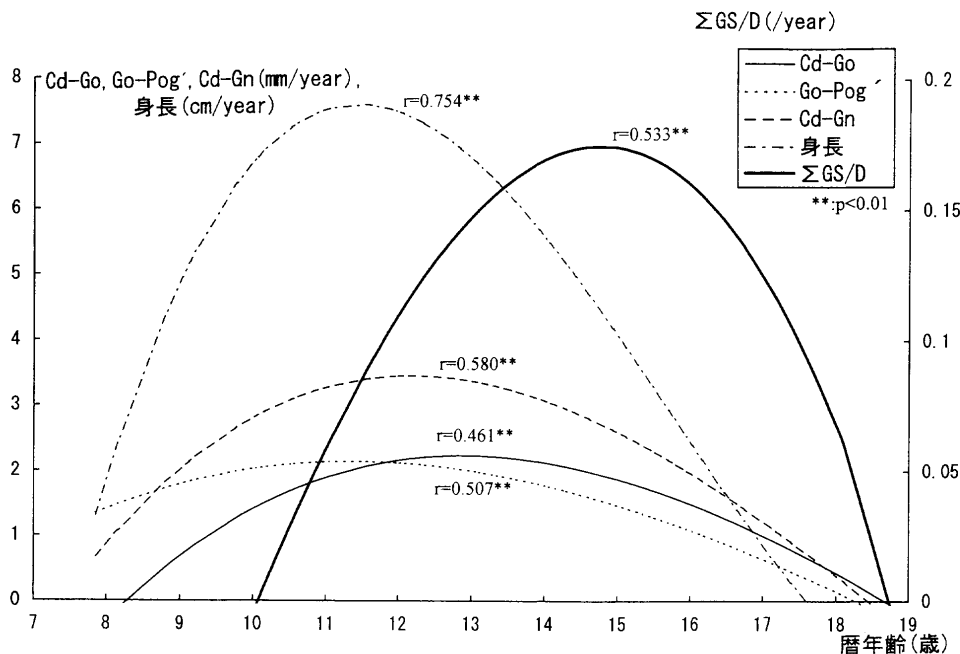


図6 下顎骨各部, 身長, 骨塩量 (ΣGS/D) の年間増加量の回帰曲線 (男子)

以上のことから, 本研究で用いた対象者は全体的にはほぼ平均的な成熟を示す日本人健常者と判断された。

次に顎顔面部について, 現代日本人正常咬合者を対象とした山内ら¹³⁾の報告と比較すると, 本研究で用いた対象者は標準的な顎顔面形態を示す集団と平均的には差異のない集団であると判断された。

2. CXD 法による骨塩量の測定方法について

これまで骨粗鬆症の診断法として発達してきた骨塩定量には種々の方法が考案されている¹⁴⁾。歯科の分野では, Microdensitometry 法 (以下, MD 法と呼ぶ)¹⁵⁾, Dual energy X-ray absorptiometry 法 (以下, DEXA 法と呼ぶ)¹⁶⁾や Quantitative computed tomography

法 (以下, QCT 法と呼ぶ)^{17~19)}等が顎骨骨塩定量を目的として検討されている。また, 小児の全身的な骨塩量の変化推移については MD 法^{20,21)}, Single photon absorptiometry 法 (以下, SPA 法と呼ぶ)^{22~24)}, QCT 法^{25,26)}, DEXA 法^{27~30)}等による報告がなされている。

本研究ではこれらの骨塩定量法のうち, 矯正臨床に適用できる容易な方法として, 井上ら³¹⁾によって開発された MD 法を改良した CXD 法^{8~10)}を用いることとした。CXD 法に用いられる手骨 X 線写真や骨塩定量検査装置の同時, 日差, 測定者間の再現性は高く, いずれも 2%CV 以下であることが報告されている^{9,10)}。また, 近年 DEXA 法や QCT 法との比較検討が行わ

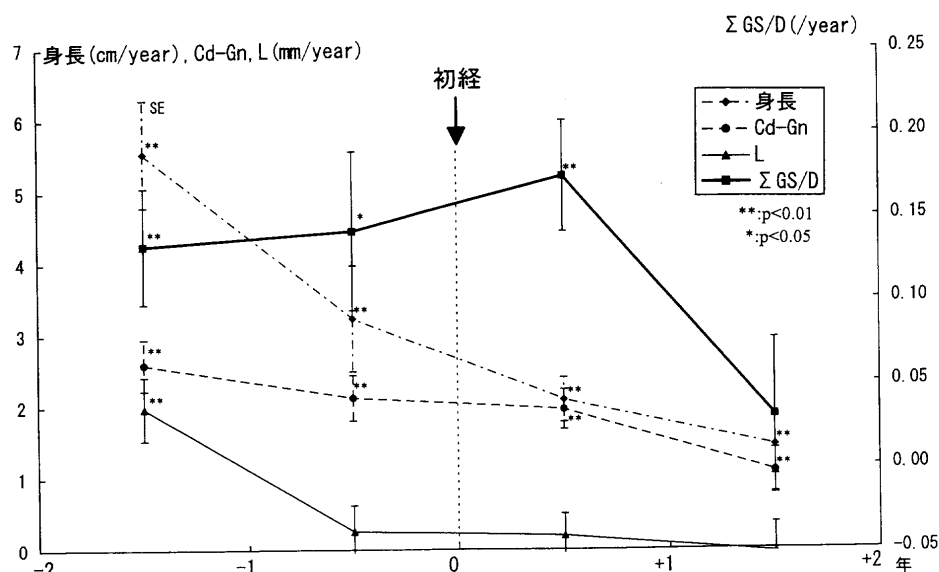


図 7 初経時期を基準として求めた身長、下顎骨全体長、第二中手骨長(L)、骨塩量(ΣGS/D)の平均年間増加量

表 6 下顎骨全体長の年間増加量と、身長および骨塩定量各検査項目の変化量との相関 (女子)

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 37	10.0~11.9 (歳) 54	12.0~13.9 (歳) 68	14.0~15.9 (歳) 57	16.0~19.9 (歳) 36
身長	0.300	0.420 **	0.613 ***	0.163	0.021
ΣGS/D	0.309	0.004	0.246 *	0.036	-0.044
GSmax	0.315	-0.042	0.278 *	0.032	-0.029
GSmin	0.196	0.098	0.212	-0.005	-0.080
MCI	0.301	0.117	0.105	-0.045	0.048
d	-0.276	0.014	0.128	0.003	-0.160
D	0.044	0.300 *	0.353 **	-0.063	-0.090
L	0.239	0.153	0.541 ***	0.045	-0.394 *

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表 7 下顎骨全体長の年間増加量と、身長および骨塩定量各検査項目の変化量との相関 (男子)

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 13	10.0~11.9 (歳) 21	12.0~13.9 (歳) 28	14.0~15.9 (歳) 20	16.0~19.9 (歳) 10
身長	0.112	0.701 ***	0.715 ***	0.869 ***	0.593
ΣGS/D	0.470	0.384	0.346	0.371	-0.136
GSmax	0.389	0.435 *	0.278	0.403	-0.127
GSmin	0.464	0.268	0.256	0.235	0.060
MCI	0.518	-0.031	0.121	-0.018	0.248
d	-0.243	0.428	0.029	0.253	-0.393
D	0.411	0.446 *	0.557 **	0.505 *	-0.125
L	0.232	0.608 **	0.494 **	0.706 ***	-0.389

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

れているが、いずれも測定結果に高い相関が認められている^{32,33)}。このことから、本装置によって求められた測定値の誤差はきわめて低いものと判断され、骨塩量の縦断的検討には、最適な方法と考えられた。一方、

問題点として、第二中手骨の midpoint を計測部位とするため、骨端核と骨幹の癒合前の時期においては、縦断的に計測する位置が厳密には不変でなくなることがあげられる。今回は1~2年の短期間の縦断資料を用いて

表 8 ステージ 1 あるいはステージ 2 における暦年齢, 下顎骨全体長 (Cd-Gn), 身長および骨塩定量
各検査項目と, その後 1 年間の下顎骨全体長の年間増加量との相関 (女子)

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 37	10.0~11.9 (歳) 54	12.0~13.9 (歳) 68	14.0~15.9 (歳) 57	16.0~19.9 (歳) 36
暦年齢	0.053	0.155	-0.402 ***	-0.262 *	-0.158
Cd-Gn	0.241	0.150	-0.002	0.317 *	0.131
身長	0.261	0.106	-0.401 ***	-0.004	-0.334 *
ΣGS/D	0.207	-0.203	-0.501 ***	-0.225	-0.140
GSmax	0.182	-0.230	-0.454 ***	-0.206	-0.194
GSmin	0.249	-0.177	-0.515 ***	-0.176	-0.031
MCI	0.120	-0.166	-0.399 ***	-0.163	-0.053
d	0.082	0.241	0.289 *	0.170	0.052
D	0.215	0.216	-0.142	0.133	0.028
L	0.226	0.207	-0.330 *	0.077	-0.290

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ 表 9 ステージ 1 あるいはステージ 2 における暦年齢, 下顎骨全体長 (Cd-Gn), 身長および骨塩定量
各検査項目と, その後 1 年間の下顎骨全体長の年間増加量との相関 (男子)

年齢群 数	7.0~9.9 (歳) 13	10.0~11.9 (歳) 21	12.0~13.9 (歳) 28	14.0~15.9 (歳) 20	16.0~19.9 (歳) 10
暦年齢	-0.028	0.359	-0.290	-0.622 **	-0.393
Cd-Gn	0.356	0.237	0.063	-0.308	0.051
身長	0.230	0.153	-0.057	-0.398	-0.210
ΣGS/D	-0.069	-0.223	-0.214	-0.678 ***	-0.674 *
GSmax	0.115	-0.175	-0.096	-0.668 **	-0.689 *
GSmin	-0.252	-0.183	-0.298	-0.582 **	-0.577
MCI	-0.333	-0.281	-0.035	-0.287	-0.596
d	0.218	0.430	-0.035	0.140	0.497
D	0.063	0.395	-0.164	-0.132	0.181
L	-0.009	0.331	-0.039	-0.050	0.252

***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ 表 10 ステージ 1 の標準化骨年齢および骨塩定量各検査項目を説明変数とし, 其後の下顎骨全体長の
年間増加量を目的変数とした重回帰分析の結果

年齢群 説明変数		7.0~11.9 (歳)		12.0~13.9 (歳)		14.0~19.9 (歳)	
		重相関係数	重決定係数	重相関係数	重決定係数	重相関係数	重決定係数
女 子	数	73		51		75	
	標準化骨年齢	0.037	0.001	0.564	0.318	0.397	0.158
	CXD 法	0.396	0.157	0.590	0.348	0.350	0.123
	骨年齢+CXD 法	0.473	0.224	0.605	0.366	0.520	0.270
男 子	数	28		17		23	
	標準化骨年齢	0.407	0.166	0.569	0.324	0.759	0.576
	CXD 法	0.818	0.669	0.907	0.823	0.742	0.551
	骨年齢+CXD 法	0.818	0.669	0.925	0.856	0.814	0.663

いるために測定値に与える影響はほとんどないと考えられるが, 長期にわたって検討する場合は, この点を考慮する必要がある。

また, 骨塩量は人種, 性差, 居住地域, 骨形成・骨吸収因子や性ホルモンの血中濃度, 体格, 活動性, カ

ルシウム摂取量などの多くの要因に影響を受けると考えられ³⁴⁾, 骨の成熟のみを反映しているわけではない。さらに, 測定部位による骨塩量の変異も考えられることから, 顎骨の成長を評価する場合は顎骨そのものの骨塩量を測定することが望ましいといえる。しかし,

咬合力など負荷のかかる部位では顎骨の骨密度が高いことが報告されており¹⁷⁻¹⁹⁾、骨密度と骨成熟度との関連性については不明である。

人種差については、成人において白人は日本人より骨塩量が高いが、身長や体重などの体格因子で補正すると差異がないと報告されている³⁵⁾。小児期の骨塩量の比較においても、身長や体重で補正するとほとんど人種差は認められないと報告されている³⁶⁾。

百武ら³⁷⁾は、体重と腰椎や大腿骨頸部などのいわゆる荷重骨の骨塩量との間に有意な相関が認められたのに対し、非荷重骨である橈骨の骨密度には有意な相関が認められなかったことを報告している。本研究で用いた CXD 法では、第二中手骨を用いるため、脊椎や踵骨で認められるような体重因子はほとんど影響がない。したがって第二中手骨を測定部位とすることは、体格において急激な変化を示す小児の成熟指標として用いるうえでは利点の 1 つと考えられる。

また活動性と骨塩量との関連については、山懸ら³⁸⁾は、成人男子の運動群と非運動群の骨量の変化を 1 年間にわたって追跡した結果、運動群でのみ有意に骨量が増加したことを報告している。さらに西山ら³⁶⁾は、小・中学生の女子において、骨塩量が運動習慣や運動能力と関連があると述べている。CXD 法においても $\Sigma GS/D$ や MCI には左手と右手とに差が認められており、活動性の違いを裏付けているものと考えられる⁷⁾。しかしながら、老年期における運動や、短期間の運動では骨塩量を増加させなかったという報告もあり³⁹⁾、骨塩量の増加や維持に必要な運動量についての詳細は明らかではない。

一方、カルシウム摂取量の骨塩量に及ぼす影響について Johnston ら⁴⁰⁾および折茂⁴¹⁾は両者に関係があることを報告し、また Matkovic ら⁴²⁾はカルシウム摂取の異なる 2 地域で骨塩量に有意差のあることを報告している。

以上のように、骨塩量に影響を与えると考えられる要因は少なくないが、本研究では、いずれも仙台近郊に在住する日本人健康小児が対象者であり、少なくとも人種差、地域差に関する考慮は必要ないものと考えられる。しかし、カルシウム摂取量や運動量については検討されておらず、これらと骨塩量の年間増加量との関連については今後検討する必要がある。

3. 骨塩量の年間増加様相について

DEXA 法²⁷⁻²⁹⁾や SPA 法^{22,23)}、QCT 法^{25,26)}、MD 法²⁰⁾による横断研究の結果により、骨塩量は思春期に急激な増加が起こることが示唆されている。著者ら⁷⁾は、 $\Sigma GS/D$ が思春期に経年的に滑らかな S 字状曲線を描いて増加し、増加スパートの開始は女子で 9 歳前後、最大増加を示すのは 13 歳前後、男子でそれぞれ 11 歳前後、14 歳前後と推測した。縦断資料を用いた本研究では、最大増加時期は女子においては 12 歳、男子では 14.5 歳であることがわかった。また、表 4 および表 5

に示すように、思春期性成長ピーク頃までは皮質骨が厚みを増すことによって骨幅が大きくなり、それ以後は主に骨髓腔が狭くなることによって皮質骨の厚みを増していることがわかった。このような骨形成の特徴が顎骨においても認められるかどうかは、歯の移動を行ううえで臨床的に興味深いテーマである。

また、骨塩量について出生後連続的に増加し、30 代に最大骨量（骨密度）に達すると考えられていた^{20,43,44)}。しかし、最近では最大骨量の時期はそれより早く、10 代後半とする報告^{23,45,46)}が散見される。腰椎については、DEXA 法を用いた研究によって 18 歳前後に成人の骨塩量に到達すると報告されている⁴⁶⁾。また踵骨については、SPA 法を用いた研究によって、最大骨量は女子で中学生、男子で高校生で到達すると報告されている²³⁾。このように最大骨量の時期の決定は計測部位や計測方法によっても異なると考えられるが、これらは横断資料によって得られたものであり、そこには世代間の差という問題点が存在することに留意が必要である。本研究では、女子において、14 歳以前に最大骨量に到達するものが少なからずあり、それ以後は平均的には増加を示すものの、すでに減少に転じている者もあることがわかった。

最大骨量の獲得については、骨粗鬆症の予防の見地から、青少年期の骨塩量の増加を図ることが課題となっている。この点から、骨塩量の年間増加量が最大を示す時期や、骨塩量の増加の終了時期が大きな関心を集めている^{27,47)}。本研究結果は、この点からも有意義であると考えられる。

4. 骨塩量の増加と性差および初経との関係について

一般に、女子は男子より早く成熟し、身長や顎骨の増加のスパートも男子に先駆けて発現する。図 2 に示すように、骨塩量の変化様相についてもそのスパートの開始時期および増加ピークの時期、減速時期において性差が明らかとなった。性ホルモンであるエストロゲンは初経を境に急激に増加し、20 代をピークとして低下を始めるといわれ、思春期における骨塩量の変化には性ホルモンが大きな関与を示すと考えられる^{48,49)}。無月経や 2 次性徴の欠如を特徴とするターナー症候群では、骨塩量低下を起こすことが報告され^{34,50)}、また、閉経にともなって骨塩量が急激に減少することが知られている⁵¹⁾。このことから本研究では、性ホルモンの分泌と関連の強い初経の時期と骨塩量の年間増加量との関連について検討を行った。

日本における初経年齢は 1992 年の調査では、平均 12 歳 3.7 ヶ月であることが報告されているが⁵²⁾、本資料における初経の平均年齢は 12.6 歳であり、ほぼ標準的と考えられた。本研究の結果では、 $\Sigma GS/D$ は初経前後 1 年間にそれぞれ年間約 10% 前後の著明な増加量が認められたにもかかわらず、1～2 年後では有意な増加は認められなかった。Theintz ら⁵³⁾は初経後 2 年以内の骨量増加が大きいことを、片平ら²³⁾は、踵骨にお

いて初経後は骨塩量の増加はほとんどないことを報告している。同様に、八幡ら⁵⁴⁾、甲村ら³⁴⁾は、初経後2年以内に著しく骨塩量が増加することを報告しており、本研究結果とほぼ一致している。

以上のことから、女子では骨塩量は初経前後に最大の増加ピークを示し、10代のうちにほぼ最大骨量に達する者が多いものと判断された。

5. 骨塩量と顎顔面形態および身長・下顎骨成長との関連

著者ら⁷⁾は本研究と同様に ANB 角によって分類された顎顔面形態と骨塩量との関連がないことを報告している。顎顔面形態と骨塩量の年間増加様相との関連については図3および図4に示すように、一定の傾向を見出すことはできなかった。

また、身長と下顎骨長においては成長時期にわずかな差が認められることが報告されているが²⁾、骨塩量の変化様相と身長や下顎骨などの骨長の増加様相に時期的な差異があるのかどうかについては明らかにされていない。本研究の結果は、女子、男子とも身長の増加ピークにわずかに遅れて下顎骨各部の増加ピークが発現し、さらに女子において約2年、男子において2~3年後に $\Sigma GS/D$ が増加ピークを示すという興味深い知見を示している。表6、7に示すように下顎骨全体長の年間増加量と $\Sigma GS/D$ などの骨塩量の変化量との間に高い相関が認められなかったことは、この増加タイミングのずれを反映しているものと解釈される。これらのことは、思春期性成長期においては、身長や下顎骨などの長さの増加と、中手骨などの骨塩量の増加は同時に進行するものではなく、まず長管骨の長さが増大し、その後約2、3年遅れて皮質骨の骨塩量が増加するという小児の骨形成の特徴を示唆しているものといえよう。

6. 骨塩定量検査項目と下顎骨成長の動態との関連について

個体の成熟段階を評価する方法として、手骨X線写真を用いて骨化イベントを評価する方法がもっとも信頼性が高いと考えられている。しかし、連続的に変化する骨の形態をデジタルに分類することはかなり困難であり、再現性の高い評価を行うためには判読のためのトレーニングが必要となる。また、骨年齢評価の代表的な方法である TW2 法では、女子で16.0歳、男子で18.2歳まで評価することができるが⁵⁾、これを TW2 法の基準となった英国人小児と比較して早熟傾向のある日本人に当てはめると^{6,55)}、女子で14.7歳、男子で16.1歳以後は評価できないことになる¹¹⁾。しかし矯正歯科臨床では思春期後期における動的矯正治療後の咬合の安定性や顎矯正外科治療の実施時期の判定が必要であるため、晩期成長期における顎骨の成長ポテンシャルを評価することは特に重要である。佐藤ら^{56,57)}は思春期後期における下顎骨全体長 (Cd-Gn) の増加量は女子で3mm弱、男子で4mmであり、

しかも個体によってかなり変異に富むことを報告している。したがって矯正歯科臨床では、特に思春期後期における客観的で信頼性のある評価方法が必要となっていた。

本研究結果から、CXD法による骨塩量の測定は、成長、成熟の指標として下顎骨成長の動態を示す1つの指標となり得る可能性を示すものとして注目される。とくに下顎骨の成長が大きい男子においては思春期後期においても骨塩定量検査項目とその後の下顎骨増加量に高い相関が認められたことから、晩期成長期を含めてその利用度は高いと考えられる。また $\Sigma GS/D$ の変化推移は身長や下顎骨などの形態上の量的な変化ではなく、骨の緻密度という質的な変化量をパラメータにする点で、従来用いられてきた相対成長⁵⁹⁾による予測方法とは別の手法である²⁾。したがって骨塩定量を下顎骨成長予測へ利用するうえで独自の有用性を持ちうる可能性がある。しかし多様な変異を示す個成長の予測においては、骨塩定量が従来の成熟度指標に取って代わるというのではなく、むしろ従来の指標にそれを加えることによって、より信頼性の高い顎骨成長予測法を求めることがよいのではないかと考えている。

また、成長の終了時期の評価については、身長の増加や橈骨の癒合が完了した後も下顎骨の増加が認められることがあることから⁶⁰⁾、骨の形態的な成長の終了後も増加を続ける骨塩量は成長、成熟の終了時期の評価の有効な指標となる可能性もあろう。

本研究結果は短期縦断資料を半縦断的に検討することによって得られたものであるが、今後、より長期にわたる縦断資料の収集と骨塩量に関わる種々の因子の影響や顎骨成長との関連性の解明、また患者に対する負担の少ない顎骨の骨塩量の測定方法などについても検討してゆきたい。

稿を終えるに臨み、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました東北大学歯学部歯科矯正学講座三谷英夫教授に深甚なる感謝の意を表します。また、研究の細部にわたりご指導とご助言を賜りました歯科矯正学講座佐藤亨至博士に深く感謝いたします。さらに、本研究の遂行にあたり歯科矯正学講座の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は、第52回日本矯正歯科学会(1993、鹿児島)ならびに第12回日本骨代謝学会(1994、新潟)において発表した。

文 献

- 1) Mitani, H. and Sato, K.: Comparison of mandibular growth with other variables during puberty, *Angle Orthod* 62: 217-222, 1992.
- 2) 佐藤亨至: 思春期性成長期における身体各部の成長タイミングに関する研究一下顎骨, 身長, 手骨, 頸椎を対象として一, *日矯歯誌* 46: 517-533, 1987.

- 3) 出口敏雄：日本人（長野県塩尻市）における発育年齢の評価，日矯歯誌 43：346-355, 1984.
- 4) 佐藤亨至，阿部まちよ，白土祥樹，他：女子における上・下顎骨標準成長曲線の作成と標準化骨年齢 (TW2 法) を用いた成長予測法について，日矯歯誌 54：28-36, 1995.
- 5) Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., Cameron, N., *et al.*: Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method), 2nd ed., London, 1983, Academic Press, 22-37.
- 6) 村田光範：骨年齢評価の問題点，小児科診療 54：438-444, 1991.
- 7) 佐藤亨至，阿部まちよ，三谷英夫，他：Computed X-ray densitometry 法による手骨骨塩量と全身成熟の評価—6～20 歳までの健常者年齢別基準値の設定—，日矯歯誌 52：291-300, 1993.
- 8) 松本千鶴夫，串田一博，折茂 肇，他：新しく開発した手部 X 線骨密度測定装置とその基本性能，医学のあゆみ 156：741-742, 1991.
- 9) 松本千鶴夫，串田一博，井上哲郎，他：改良型 MD (CXD) 法，The Bone 5：53-58, 1991.
- 10) 松本千鶴夫，串田一博，佐藤義弘：Microdensitometry 法による第 2 中手骨骨密度 (改良型 MD 法)，整形外科 43：1140-1146, 1992.
- 11) 村田光範，松尾宣武，田中敏章，他：日本人標準骨成熟アトラス，東京，1993，金原出版，150-153.
- 12) 文部省：平成 5 年度学校保健統計調査報告書，大蔵省印刷局：19, 1991.
- 13) 山内 積，石原勝利，白土祥樹，他：最近の日本人正常咬合者の顎顔面形態について，日矯歯誌 54，93-101, 1995.
- 14) 森田陸司：骨塩定量法の進歩，The Bone 5：39-44, 1991.
- 15) 上田 実，沢木佳弘，伊藤正夫，他：インプラント治療における術前顎骨評価法に関する研究—DIP 法による骨質診査の試み—，日補綴誌 35：381-389, 1991.
- 16) 佐藤重信：Dual energy X-ray absorptiometry によるヒト下顎骨骨塩定量に関する研究，岩医大歯誌 16：1-14, 1991.
- 17) 榎 宏太郎：三次元再構築時の基準と骨塩定量機能をそなえた X 線 CT 規格撮影方法についての研究，日矯歯誌 47：380-393, 1988.
- 18) 榎 宏太郎，柴崎好伸，福原達郎，他：3D-QCT 法と 3D 有限要素法を用いた顎骨骨密度変化の解析，日骨形態誌 1：75-81, 1991.
- 19) 榎 宏太郎，柴崎好伸，福原達郎：頭頸部骨塩定量のための 3D-QCT 法：ハイドロキシアパタイトファントムの開発，日骨形態誌 1：83-87, 1991.
- 20) 松岡尚史：日本人小児の骨成熟の特性に関する研究 第 1 編 健常小児の暦年齢および骨年齢における各性別年齢別骨密度基準値の設定，日児誌 98：1364-1373, 1994.
- 21) 山手智夫，守分 正，田中弘之，他：小児の骨粗鬆症の画像診断，Clinical Calcium 64：1126-1162, 1992.
- 22) 荻野 浩：成長期の橈骨骨量評価に関する研究—Single photon absorptiometry—，日整会誌 63：45-58, 1989.
- 23) 片平弦一郎，稲垣慶正，辻 正裕，他：青少年期における踵骨骨密度の検討—SXA を用いて—，日骨形態誌 4，39-48, 1994.
- 24) 野口規久男，野田まり子，吉谷信吾，他：骨塩量測定による骨発育の評価，日矯歯誌 43：237-244, 1984.
- 25) 赤司俊二，片山 章，相原敏則，他：小児期骨塩量の変化，日骨形態誌 1：141-146, 1991.
- 26) Gilsanz, V., Gibbens, D. T., Roe, T. F., *et al.*: Vertebral bone density in children: Effect of puberty, Radiology 166：847-850, 1988.
- 27) 清野佳紀：日本人女性の最大骨量—何故小児期は重要か？—，Clinical Calcium 5：571-572, 1995.
- 28) 木下 淳，金田清志，橋本友幸，他：小児期腰椎骨塩量の加齢にともなう変化—DXA による検討—，日骨形態誌 3，83-86, 1993.
- 29) 長村敏生，大野邦彦，船木秀則，他：健常小児の全身骨塩量の評価—dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) による測定—，日児誌 97：2116-2123, 1993.
- 30) 山田恵介，守分 正，田中弘之，他：低身長児の DEXA (Dual energy X-ray absorptiometry) を用いた骨塩量に関する検討，ホルモンと臨床 40：252-259, 1992.
- 31) 井上哲郎，串田一博，矢島英世，他：X 線像による骨萎縮度判定の試み，骨代謝 13：187-195, 1980.
- 32) 今井弘子，渡辺 良，友光達志：屍体中手骨の骨塩量の測定：Bonalyzer と DXA による比較，日骨形態誌 4，33-37, 1994.
- 33) 後藤文礼，内橋正仁，藤井芳夫，他：MD 法の pQCT 法による評価〔会〕，骨代謝 12：389, 1994.
- 34) 甲村弘子，廣田憲二，三宅 侃：思春期の性機能と骨塩量，Hormone Frontier in Gynecology 1：169-174, 1994.
- 35) 金 洪海，串田一博，山崎 薫，他：日系アメリカ人女性と日本人女性の全身骨塩量および全身軟組織量の比較検討，骨代謝 12：32-38, 1994.
- 36) 西山宗六，井本岳秋：世界の骨塩量の比較—小児期を中心に—，Clinical Calcium 5：584-588, 1995.
- 37) 百武衆一，後藤澄雄，山懸正庸，他：健常男女の骨塩量に対する体重の影響に関する研究，日骨形

- 態誌 1:51-55, 1991.
- 38) 山懸正庸, 後藤澄雄, 栗原 真, 他: 運動における腰椎および大腿骨頸部各部の骨密度の変化—スポーツ群と非スポーツ群の比較—, 日骨形態誌 1:57-61, 1991.
 - 39) Suominen, H.: Bone mineral density and long term exercise, *Sports Med* 16:316-330, 1993.
 - 40) Johnston, C. C., Miller, J. Z., Slemenda, C. W., *et al.*: Calcium supplementation and increases in bone mineral density in children, *The New England J of Medicine* 327:82-87, 1992.
 - 41) 折茂 肇: 日本におけるカルシウム摂取状況と老年病学, 牛乳栄養学術研究会学術フォーラム報告書:93-112, 1988.
 - 42) Matkovic, V., Kostial, K., Simonovic, K., *et al.*: Bone status and fracture rates in two region of Yugoslavia, *Am J Clin Nutr* 32:540-549, 1979.
 - 43) Ringe, J. D.: Precision and clinical application of peripheral single photon absorptiometry. Non-invasive bone measurement: methodology problems. (Johnston Jr. C. C., Dequeker, J. ed.), Oxford IRI Press:47-54, 1992.; 47) から引用
 - 44) Robin, A., Murby, B., Smith, M. A., *et al.*: Premenopausal bone loss in the lumbar spine and neck of femur: a study of 225 Caucasian women, *Bone* 11:1-5, 1990.; 47) から引用
 - 45) 藤田拓男: 最大骨量と骨粗鬆症—現在の考え方—, *Clinical Calcium* 5:573-576, 1995.
 - 46) 清野佳紀, 田中弘之, 西山宗六, 他: 日本人若年女子の最大骨量, *医学のあゆみ* 170:1041-1042, 1994.
 - 47) 清野佳紀: 最大骨量をいかに増加させるか—発育期における問題—, *Clinical Calcium* 5:640-643, 1995.
 - 48) 赤祖父一知: 内分泌環境; 森 一郎編, 中高年婦人の産婦人科, 東京, 1984, 南江堂, 32.
 - 49) 水口弘司: 性ホルモンと骨代謝—Overview, *The bone* 6:27-32, 1992.
 - 50) 小山嵩夫: 月経異常と骨代謝, *The Bone* 6:69-73, 1992.
 - 51) 岡野一年: 骨粗鬆症のリスクファクター, *Clinical calcium* 2:49-51, 1992.
 - 52) 日野林俊彦: 初経年齢—第8回全国初潮調査より—, *Hormone Frontier in Gynecology* 1:121-125, 1994.
 - 53) Theintz, G., Buchs, B., Rizzoli, R., *et al.*: Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents; Evidence for a marked reduction after 16 years of age at the level of lumbar spine and femoral neck in female subjects, *J Clin Endocrinol Metab* 75:1060-1065, 1992.
 - 54) 八幡朋子, 甲村弘子, 廣田憲二, 他: 思春期女子の骨塩量についての検討, *Osteoporosis Jpn* 2:142-143, 1994.
 - 55) 安蔵 慎, 松尾宣武, 田中敏章, 他: TW2 法による日本人骨年齢評価の問題点(第1報), *ホルモンと臨床* 40:879-882, 1992.
 - 56) 佐藤亨至, 菅原準二, 三谷英夫: 思春期後期における女子骨格型下顎前突者の顎顔面の平均成長様相—顎矯正外科治療の早期適用に向けて—, *日矯歯誌* 48:21-28, 1989.
 - 57) 佐藤亨至, 菅原準二, 三谷英夫: 思春期後期における男子骨格型下顎前突者の顎顔面の平均成長様相—顎矯正外科治療の早期適用に向けて—, *日矯歯誌* 51:25-30, 1992.
 - 58) 西山宗六, 井本岳秋, 友枝新一, 他: 小児の骨塩量の正常分布および運動との関係, *日児誌* 98:22-26, 1994.
 - 59) 劉 泓虎, 寺田員人, 花田晃治: 手指骨の骨化と下顎骨の長さとの関係について, *新潟歯学会誌* 24:27-35, 1994.
 - 60) 三谷英夫: 顎骨の成長—身体その他の部分の成長との関連を含めて—, *Auxology* 1:7-21, 1994.
-
- 主 任: 三 谷 英 夫 教授 1995年9月28日受付
- 連絡先: 千田まぢよ
 東北大学歯学部歯科矯正学講座
 〒980-77 仙台市青葉区星陵町4-1