

## 日本人一般集団における上顎歯列形態 および口蓋形態の三次元的成長様相

小山 未来 不島 健持\*

神奈川歯科大学大学院歯学研究科高度先進歯科矯正学分野  
(受付：2023年8月28日, 受理：2023年11月20日)

### Three-dimensional growth pattern of maxillary dentition and palatal morphology in Japanese general population

Miku KOYAMA and Kenji FUSHIMA\*

Division of Orthodontics, Department of Highly Advanced Stomatology, Graduate School of Dentistry,  
Kanagawa Dental University, 3-31-6 Tsuruya-cho, Yokohama, Kanagawa 221-0835, Japan

#### Abstract

The purpose of this study was to examine growing changes of the maxillary dentition and alveolar base (ALB) including the palate, and investigate its relationship with malocclusion.

Digital models of maxillary digital casts at 8, 11, and 14 years of age were longitudinally collected from schoolchildren (27 boys and 19 girls) as a general Japanese population. Three-dimensional morphologies of dental arch and ALB, including the palate, were measured, and growth changes were examined based on chronological and dental age. In addition, in 29 boys at 14 years, the relationships of palatal volume (PV), surface area (PS) and depth (PD) as well as ALB morphologies, against to arch length discrepancy (ALD) and dental arch width were investigated.

Dental arch width measured at the first molar (M1-DAW) and its basal arch width (BAW), PV and PD increased significantly from 8 to 11 years and from 11 to 14 years. On the other hand, dental age-based assessment did not show clear differences compared with the chronological age-based assessment. In terms of gender difference, M1-DAW of male was significantly larger than females at all ages, and PD of the male was significantly larger than females at 8 and 14 years. ALD and M1-DAW were set as indices of malocclusion, and their relationships with dental arches and ALB were investigated. ALD showed a significantly high correlation with M1-DAW, basal arch length (BAL), PV and PS, but no relationship with DAW at canine was observed. M1-DAW showed a significant correlation with BAW and BAL, and with PV and PS, but no association with PD was observed.

Dental arch dimensions and ALB morphologies including palate increased over time from 8 to 14 years, and correlated with each other. These growth changes were more clearly indicated by chronological age than by dental age.

\* 責任著者連絡先：〒 221-0835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町 3-31-6  
神奈川歯科大学大学院歯学研究科高度先進歯科矯正学分野  
不島健持  
e-mail: fushima@kdu.ac.jp

## 緒 言

上顎の側方への劣成長による歯列弓の狭窄は、叢生、上顎前突、臼歯部交叉咬合、下顎側方偏位などさまざまな不正咬合に認められる基本的な問題である<sup>1-3)</sup>。上顎骨の側方への劣成長により歯槽基底弓幅径が狭窄すると、歯列弓幅径も狭窄し前歯部叢生を発現する。また臼歯部交叉咬合は、上顎歯列弓の狭窄の結果として引き起こされることが多く<sup>4)</sup>、時として下顎の側方偏位を伴う<sup>5)</sup>。

上顎歯列弓の狭窄の改善には、可撤性の拡大床や Quad Helix などを用いた歯槽性の拡大、Functional Regulator による頬舌的機能圧をコントロールした拡大が行われるが、上顎骨の狭窄を疑う症例に対しては歯槽基底部の拡大を目的として急速拡大装置が適用されている。急速拡大装置は、思春期後期および若年成人患者にとって予測不可能な治療方法であるため、cone-beam computed tomography 画像を使用して正中口蓋縫合の形態を評価した報告がある<sup>6)</sup>。しかしながら歯列弓の狭窄や歯槽基底形態の狭窄の診断、拡大効果の評価方法に関する明確な基準が確立されていない。

上顎骨の狭窄の診断として、正面頭部エックス線規格写真を用いた評価が行われている。しかしながら正面セファロによる水平方向の計測は、計測点が不明確で頭位の回転の影響を受け易いため、歯列弓や歯槽基底部の幅径の計測については信頼性が低いと考えられる<sup>7,8)</sup>。歯列弓や歯槽基底部の幅径評価として歯列模型分析が行われているが、幅径計測が歯の前後的位置に依存しているということが問題点として挙げられる。一方、歯の位置に依存しない評価法として、歯列弓や歯槽基底弓に四次元多項式を使用して作成した曲線を適合させて評価する方法が報告されている<sup>9)</sup>。

歯槽基底形態の評価対象となる口蓋は、舌圧など口腔機能の影響を直接受けており、歯列弓や歯槽基底部の狭窄を伴う不正咬合の成立に関与すると考えられる<sup>10)</sup>。口蓋形態を評価することは、口腔機能の影響を検討するためにも重要と考えられるが、三次元的に複雑な形状を呈する口蓋を評価し明確な診断基準を確立することは難しい。近年三次元デジタル画像を用いた歯列計測が行われており<sup>11,12)</sup>、従来では困難な口蓋形態の評価への利用が期待される。辻野らは、経年的に採得された正常咬合者の歯列石膏模型を用い、幼児期から青年期の歯列幅径について検討し、犬歯、小臼歯、および大臼歯部の歯列弓幅径に関する詳細な成長変化を報告した<sup>13)</sup>。Huang ら<sup>14)</sup>は、骨格性 I 級と II 級の中国人成人男女の CBCT 画像を 3 次元に再構築し、口蓋形態の評価を行っている。また Muchitsch ら<sup>15)</sup>は、

平均年齢 8.3 歳の白人男女を対象に、上顎急速拡大装置 (RME) の拡大前後の変化について、三次元デジタル画像を用いて評価を行った。Kairalla ら<sup>16)</sup>は、口腔内スキャナーを使用し、白人成人 70 名を対象として、三次元に口腔内の評価を行った。以上のように口蓋形態の変化を評価した研究は 3D 計測が普及してきたことで多く報告されてきたが、その計測は横断的<sup>17)</sup>あるいは治療による介入が行われている例<sup>15)</sup>や、不正咬合者を除外して計測されている<sup>18)</sup>。日本人一般集団の観察において中道ら<sup>19)</sup>は唇齢、Dental age による観察は大村ら<sup>20)</sup>が報告している。しかし、口蓋形態の唇齢による成長様相と Dental age による成長様相を比較、検討した報告はない。

本研究の目的は、経年歯列石膏模型を利用したデジタル模型を三次元計測することにより、

- 1) 日本人一般集団における歯列弓形態および口蓋を含む歯槽基底形態に関する唇齢による評価と Dental age による評価を比較・検討する。
- 2) 日本人一般集団におけるアーチレングスディスクレパンシー (ALD) と歯列弓の狭窄に対する、口蓋を含む歯槽基底形態の関わりについて三次元的に検討することである。

## 資料および方法

本研究は、神奈川歯科大学の研究倫理審査委員会の承認 (承認番号: 608) を得て実施した。

### 1. 研究資料

本研究に用いた資料は、神奈川歯科大学歯科矯正学教室において、横須賀市在住の昭和 40 年度就学児童を対象者として、歯科学的な健康管理を行うことを目的に、検査目的および検査方法を保護者に十分説明し、理解と協力の得られた者の経年的上顎歯列石膏模型である<sup>21-24)</sup>。資料採得初年度の平均年齢は 6 歳 7 か月であり、6 歳から 14 歳まで一年間隔で採得された。全資料は 121 名 (男児 59 名、女児 62 名) あり、計測には以下の条件を満たすものを選択した (図 1)。

- 1) 全身所見に異常を認めず、また矯正歯科治療および咬合誘導治療の経験がないこと
- 2) 模型の歯冠および歯槽部に著明な破損がないこと
- 3) 第一大臼歯の萌出が完了していること
- 4) 智歯を除いた欠如歯や過剰歯など歯数の異常がないこと
- 5) 前歯部と第一大臼歯に歯冠補綴物がないこと
- 6) 乳犬歯残存あるいは犬歯萌出中ならびに萌出完了していること

以上より、上顎形態の経年変化の評価のため 8 歳、

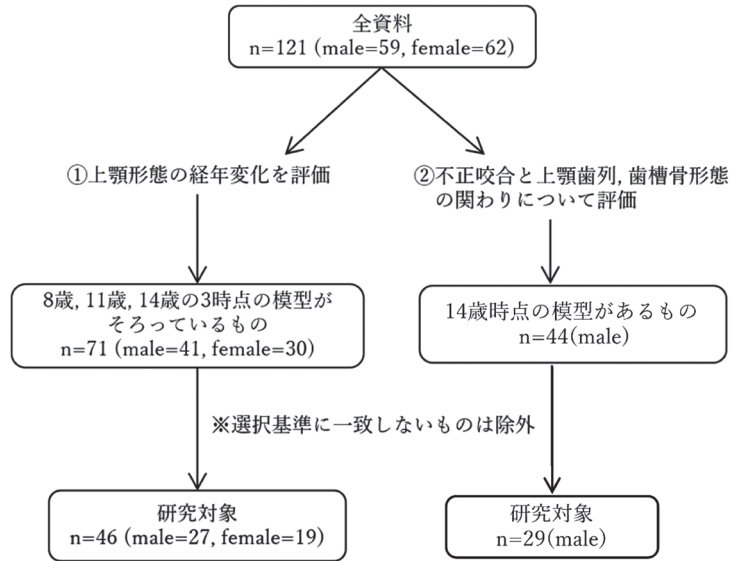


図1 研究対象の選定

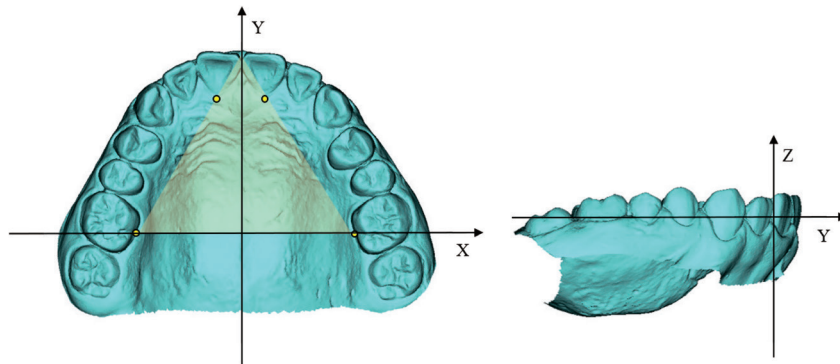


図2 歯頸平面基準座標系

X 軸：上顎両側第一大臼歯舌側歯肉縁中央点を結んだ直線（左方：+）  
 Y 軸：歯頸平面上で、X 軸に垂直で、左右上顎中切歯舌側歯肉縁点の midpoint を通る直線（前方：+）  
 Z 軸：原点を通り歯頸平面に垂直な直線（咬合面方向：+）  
 原点：左右の第一大臼歯舌側歯肉縁中央点間の midpoint

11 歳, 14 歳の 3 時点の模型を（計 46 名, 男児 27 名, 女児 19 名）, 歯列弓形態と歯槽骨形態の関わりについては, 男子 14 歳の模型を対象として計測を行った（29 名）。

また, 上顎形態の経年変化の評価のため 8 歳, 11 歳, 14 歳の 3 時点においては, Hellman の Dental age を基に分類した。男児では 8 歳においてⅢA (n=16) とⅢB (n=11), 11 歳においてⅢB (n=19) とⅢC (n=8), 14 歳においてⅢC (n=10) とⅣA (n=17) に分類され, 女児では 8 歳においてⅢA (n=7) とⅢB (n=12), 11 歳においてⅢB (n=12) とⅢC (n=7), 14 歳においてⅢC (n=7) とⅣA (n=12) に分類された。Hellman の Dental age に分類したそれぞれの群と各

計測項目との関わりについても検討した。

## 2. 計測方法および計測項目

3D スキャナー C-Pro デンタルシステム (D800-3SP, パナソニックデンタル株式会社, 大阪) を使用して歯列石膏模型を三次元計測し, 歯列デジタルモデルを作成した。独自に開発した包括的三次元画像解析ソフトウェア (Microsoft, Vusial C++) と, 3D デザインソフト (MeshMixer, Autodesk Inc, CA, USA) を併用し, 以下の計測を行った。

### 1) 基準座標系の設定

左右第一大臼歯の舌側歯肉縁点と左右中切歯舌側歯肉縁点の midpoint を含む平面を歯頸平面とし, 歯頸平面基準座標系を設定した (図 2)。

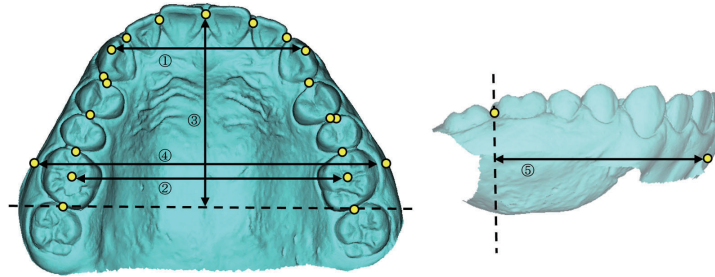


図3 計測点および計測項目

点線：遠心平面

- ① C-DAW : 上顎両側犬歯 (乳犬歯) 尖頭を結んだ直線の距離
- ② MI-DAW : 上顎両側第一大臼歯中央窩を結んだ直線の距離
- ③ DAL : 上顎両側中切歯の唇面を連ねた線の midpoint から遠心平面に降ろした垂線の距離
- ④ BAW : 上顎両側第一大臼歯頰側歯槽底部根尖相当部を結んだ直線の距離
- ⑤ BAL : 上顎両側中切歯唇側歯槽底部根尖相当部の midpoint から、両側第一大臼歯遠心を結んだ線に遠心平面に垂直に降ろした垂線の距離

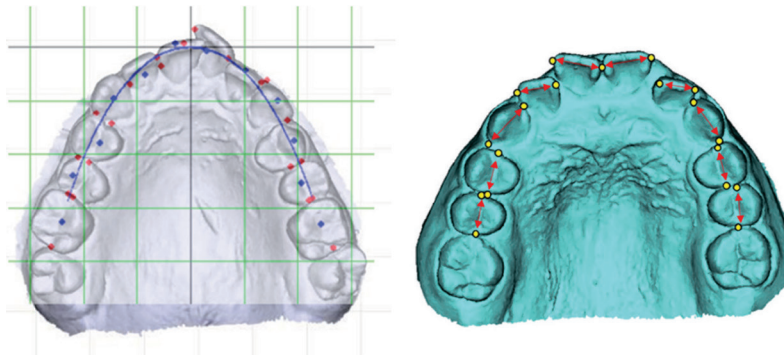


図4 アーチレンゲスディスクレパンシーの計測

- AAL : 右側第二小臼歯から左側第二小臼歯の近遠心の歯冠近遠心最大豊隆部を参照した最適近似曲線 ( $Y=aX^4+bX^2$ ) の長さ
- RAL : 右側第二小臼歯から左側第二小臼歯までの歯冠幅径の総和
- ALD=AAL-RAL

2) 計測項目

計測に先立ち、歯頸平面に垂直で左右の上顎第一大臼歯遠心の歯冠最大豊隆部を結ぶ線を通る平面を遠心平面として設定した。

(1) 距離的計測 (図3)

- a) 上顎犬歯間歯列幅径 (C-DAW)  
上顎両側犬歯 (乳犬歯) 尖頭を結んだ直線の距離
- b) 上顎第一大臼歯間歯列幅径 (MI-DAW)  
上顎両側第一大臼歯中央窩を結んだ直線の距離
- c) 上顎歯列弓長径 (DAL)  
上顎両側中切歯切縁間の midpoint から遠心平面に降ろした垂線の距離
- d) 上顎歯槽基底弓幅径 (BAW)  
上顎両側第一大臼歯頰側歯槽底部根尖相当部を

結んだ直線の距離

e) 上顎歯列基底弓長径 (BAL)

上顎両側中切歯唇側歯槽底部根尖相当部の midpoint から、遠心平面に垂直に降ろした垂線の距離

(2) アーチレンゲスディスクレパンシー (ALD) の計測 (図4)

- a) 上顎歯列弓周長 (AAL)  
右側第二小臼歯から左側第二小臼歯歯冠の近遠心の最大豊隆部を参照した最適近似曲線 ( $Y=aX^4+bX^2$ )<sup>8)</sup> の長さ
- b) 上顎歯冠幅径総和 (RAL)  
右側第二小臼歯から左側第二小臼歯までの歯冠近遠心的幅径の総和
- c) アーチレンゲスディスクレパンシー (ALD)

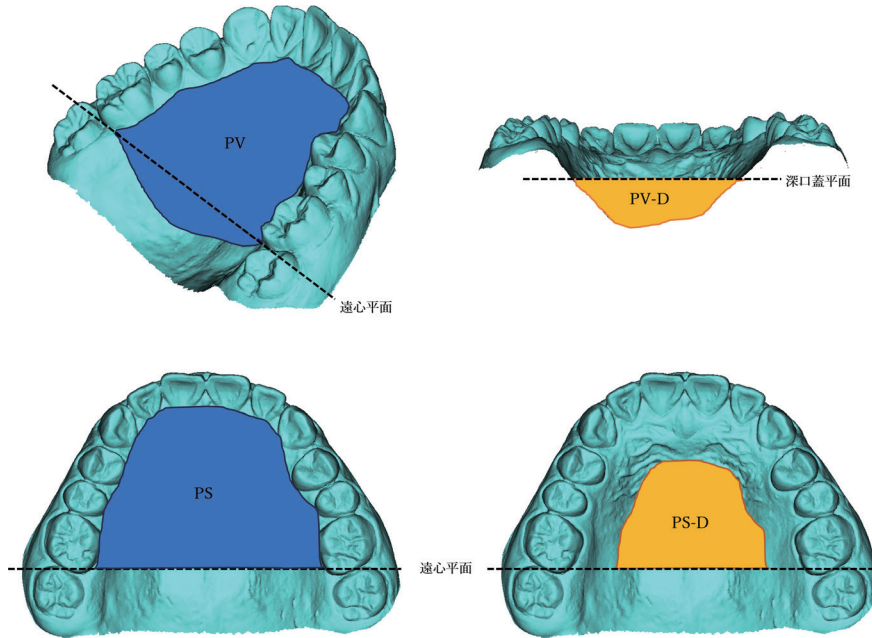


図5 口蓋容積および口蓋面積

PV : 口蓋部で、歯頸平面と遠心平面により囲まれた空間の体積  
 PV-D : 歯頸平面に平行で、左右の第一口蓋皺壁内側点の中点を通る深口蓋平面を設定し、PVのうち深口蓋平面より深部の体積  
 PS : 歯頸平面の遠心平面から前方の表面積  
 PS-D : 深口蓋平面の遠心平面から前方の表面積

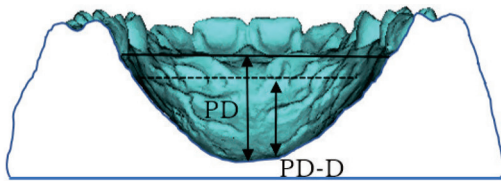


図6 口蓋の深さ

基底面を直線に描画

PD : 歯頸平面から正中口蓋縫線までの垂直距離

PD-D : 深口蓋平面から正中口蓋縫線までの垂直距離

AALからRALを引いた値。叢生の場合は負の値、空隙歯列の場合は正の値となる。

(3) 口蓋の計測

a) 口蓋容積 (PV, PV-D) (図5)

口蓋部で、歯頸平面と遠心平面により囲まれた空間の体積を口蓋容積 PV とし計測した。歯頸平面に平行で、左右の第一口蓋皺壁内側点の中点を通る深口蓋平面を設定し、PVのうち深口蓋平面より深部の領域を深口蓋容積 PV-D として計測した。

b) 口蓋面積 (PS, PS-D) (図5)

歯頸平面の遠心平面から前方の表面積を口蓋面積 PS として計測し、深口蓋平面の遠心平面から前方の表面積を深口蓋面積 PS-D として計測した。

c) 口蓋の深さ (PD, PD-D) (図6)

歯頸平面から正中口蓋縫線までの垂直距離を PD として計測し、深口蓋平面から正中口蓋縫線までの直線距離 PD-D として計測した。

3. 統計学的分析

1) 8歳, 11歳, 14歳の各成長発育段階における上顎の歯列弓形態および口蓋を含む歯槽基底形態三次元的に評価し、基本統計量を求めた。正規性はKolmogorov-smirnovとShapiro-Wilk検定により検定を行った。各計測項目の8歳と11歳間, 11歳と14歳間, 8歳と14歳間の有意差を求めるために、Friedmanの検定を行い、有意差がある場合は2群の比較をBonferroniの補正をしたWilcoxon符号順位検定を行った。

2) 8歳, 11歳, 14歳の各成長発育段階における男女差を検定する目的で、Mann-Whitney U検定を行った。

3) 8歳, 11歳, 14歳の各成長発育段階において、各計測項目における、各年齢のDental age間の有意差を求めるために、Mann-Whitney U検定を行った。また、各年齢で同じであったDental age間の有意差を求めるために、Mann-Whitney U検定を行った。

4) 研究対象をDental ageにより分類し、各歯齡発育段階における各計測項目の基本統計量を求めた。正規性を確認し、各計測項目のⅢAとⅢB, ⅢBとⅢ

C, III A と III C の各歯齡群間の有意差を求めるために、Friedman の検定を行い、有意差がある場合は 2 群の比較を Bonferroni の補正をした Wilcoxon 符号順位検定を行った。

5) 不正咬合の発現に対する口蓋を含む歯槽基底形態の関わりを三次元的に評価する目的で、14 歳時の男子のデジタルモデルを対象に、各計測項目の Pearson の相関分析を行い、各計測項目間の相関係数と有意水準を求めた。

統計には、統計解析ソフトウェア (SPSS 21.0, SPSS Inc, USA) を使用し、有意水準は 0.05 とした。

#### 4. 計測誤差

本研究における三次元画像解析ソフト、PC 画面上での計測による口蓋の計測誤差を以下の方法により求めた。

資料の中からランダムに選んだ 24 症例を対象に PV, PV-D, PS, PS-D, PD, PD-D の計測を行った。一回目の計測から 1 か月をあけて、同一研究者により同じ計測を繰り返し、一回目と二回目の計測値の誤差を求めた。

計測誤差は次に示す Dahlberg の公式<sup>25)</sup>を用いた。

Standard Error (SE) =  $\sqrt{(\sum d^2/n)}$  (d: 計測値の差, n: 症例数) 信頼度係数は Houston の公式<sup>26)</sup>を用い計算した。

## 結 果

### 1. 計測誤差

ランダムに選んだ 24 症例の PV, PV-D, PS, PS-D, PD, PD-D を繰り返し計測した結果、一回目と二回目の計測に有意な差を認めず、Standard Error が PV で 19.5 mm<sup>3</sup>, PV-D で 14.3 mm<sup>3</sup>, PS で 2.6 mm<sup>2</sup>, PS-D で 1.9 mm<sup>2</sup>, PD で 0.1 mm, PD-D で 0.1 mm であった。また信頼度係数がそれぞれ PV で 99.9%, PV-D で 99.9%, PS で 99.9%, PS-D で 99.9%, PD で 99.2%, PD-D で 99.2% であった。本研究の計測は、十分な精度を有していると判断された (表 1)。

### 2. 8 歳, 11 歳および 14 歳の 3 時点での経年変化 (表 2~5)

#### 1) 歯列幅径 (DAW)

C-DAW は、男児では 8 歳で平均 31.8 mm, 11 歳で平均 34.5 mm, 14 歳で平均 34.8 mm, 女児では 8 歳で平均 31.4 mm, 11 歳で平均 34.6 mm, 14 歳で平均 34.6 mm であった (図 7)。男女ともに、8 歳と 11 歳間で有意差が認められた (男児:P<0.01, 女児:P<0.01)。M1-DAW は、男児では 8 歳で平均 45.7 mm, 11 歳で平均 46.9 mm, 14 歳で平均 47.8 mm, 女児では 8 歳で平均 44.9 mm, 11 歳で平均 47.2 mm, 14 歳で平均

表 1 口蓋計測の計測誤差

n=24	PV(mm <sup>3</sup> )	T1	T2	diffrence
	mean	4487.60	4892.84	405.24
	Standard deviation	944.40	951.00	6.60
	Minimum	3289.33	3261.10	28.23
	Maximum	6921.91	6961.90	39.99
	Coefficient of reliability (%)			99.9
n=24	PV-D(mm <sup>3</sup> )	T1	T2	diffrence
	mean	3872.61	3874.13	15.20
	Standard deviation	807.05	807.30	0.25
	Minimum	2534.89	2558.37	23.48
	Maximum	5884.93	5866.66	15.27
	Coefficient of reliability (%)			99.9
n=24	PS(mm <sup>2</sup> )	T1	T2	diffrence
	mean	791.22	792.24	1.02
	Standard deviation	83.92	84.49	0.57
	Minimum	638.79	631.80	6.99
	Maximum	983.09	983.18	0.09
	Coefficient of reliability (%)			99.9
n=24	PS-D(mm <sup>2</sup> )	T1	T2	diffrence
	mean	643.80	643.46	0.34
	Standard deviation	67.76	67.93	0.17
	Minimum	526.27	527.06	0.79
	Maximum	807.59	805.92	1.67
	Coefficient of reliability (%)			99.9
n=24	PD(mm)	T1	T2	diffrence
	mean	12.10	12.06	0.04
	Standard deviation	1.49	1.44	0.05
	Minimum	10.26	10.27	0.01
	Maximum	15.66	15.23	0.43
	Coefficient of reliability (%)			99.2
n=24	PD-D(mm)	T1	T2	diffrence
	mean	10.56	10.61	0.05
	Standard deviation	1.43	1.40	0.03
	Minimum	8.79	8.75	0.04
	Maximum	13.81	13.79	0.02
	Coefficient of reliability (%)			99.2

47.7 mm であった (図 8)。8 歳から 11 歳にかけて大きな経年的増加が認められた。男児では、8 歳と 11 歳間 (P<0.05), 11 歳と 14 歳間 (P<0.01), 8 歳と 14 歳間 (P<0.01) で有意な差が認められ、女児では 8 歳と 11 歳間 (P<0.01), 11 歳と 14 歳間 (P<0.01) に有意な差が認められた。また C-DAW では、8 歳, 11 歳, 14 歳において男女間で有意な差は認められなかったが、M1-DAW では、いずれの年齢においても男女間で有意な差が認められた (P<0.001) (表 4)。

#### 2) 歯槽基底弓幅径 (BAW)

男児では 8 歳で平均 59.1 mm, 11 歳で平均 61.7 mm, 14 歳で平均 62.9 mm を示し、女児では 8 歳で平均 58.5 mm, 11 歳で 60.8 mm, 14 歳で 61.0 mm を示した。女児に比べて男児の歯槽基底弓幅径は大きく、女児において、11 歳から 14 歳にかけて有意な増加は認

表2 3時点の経年変化 (男児)

男児 (n=7)	8歳		11歳		14歳		by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction			Friedman test
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.	8 - 11	11 - 14	8 - 14	
C-DAW (mm)	31.8	2.3	34.5	2.1	34.8	2.1	†	n.s.	†	‡
M1-DAW (mm)	45.7	2.1	46.9	1.8	47.8	2.5	*	†	†	‡
BAW (mm)	59.1	2.3	61.7	2.6	62.9	3.5	†	†	†	‡
PV (mm <sup>3</sup> )	4894.0	924.4	5605.5	1388.5	6315.5	1110.5	†	†	†	‡
PV-D (mm <sup>3</sup> )	3846.8	810.5	4137.5	1068.4	4676.0	983.8	†	†	†	‡
PS (mm <sup>3</sup> )	783.8	91.0	821.7	85.1	829.9	98.1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D (mm <sup>3</sup> )	642.2	67.3	654.9	74.6	624.0	88.4	n.s.	*	n.s.	‡
PD (mm)	12.1	1.5	13.1	1.8	15.1	2.1	*	†	†	‡
PD-D (mm)	10.5	1.4	11.3	1.7	13.0	2.2	†	†	†	‡

n.s.: not significant, \*: p<0.05, †: p<0.01 (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction), ‡: p<0.05 (by Friedman test)

s.d.: standard deviation

表3 3時点の経年変化 (女児)

女児 (n=19)	8歳		11歳		14歳		by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction			Friedman test
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.	8 - 11	11 - 14	8 - 14	
C-DAW (mm)	31.4	4.5	34.6	2.4	34.6	2.3	†	n.s.	†	‡
M1-DAW (mm)	44.9	5.6	47.2	2.5	47.7	2.8	†	n.s.	†	‡
BAW (mm)	58.5	3.0	60.8	3.6	61.0	3.3	†	n.s.	†	‡
PV (mm <sup>3</sup> )	4967.0	988.0	5452.8	1279.9	5974.9	1119.4	*	†	†	‡
PV-D (mm <sup>3</sup> )	3423.9	749.0	4151.6	801.4	4233.7	1004.9	*	n.s.	†	‡
PS (mm <sup>3</sup> )	794.8	96.1	809.1	98.1	808.3	79.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D (mm <sup>3</sup> )	620.9	56.9	641.6	75.4	662.7	87.2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PD (mm)	11.1	1.3	12.5	1.7	13.2	1.7	†	†	†	‡
PD-D (mm)	9.1	1.0	10.6	1.5	11.3	1.4	†	†	†	‡

n.s.: not significant, \*: p<0.05, †: p<0.01 (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction), ‡: p<0.05 (by Friedman test)

s.d.: standard deviation

表4 幅径計測の男女間の有意差

	8歳			11歳			14歳		
	female	male	U-test	female	male	U-test	female	male	U-test
C-DAW (mm)									
mean	31.4	31.8	n.s.	34.6	34.5	n.s.	34.6	34.8	n.s.
Standard deviation	4.5	2.3		2.4	2.1		2.3	2.1	
M1-DAW (mm)									
mean	44.9	59.1	‡	47.2	46.9	‡	47.7	62.9	‡
Standard deviation	5.6	2.3		2.5	1.8		2.8	3.5	
BAW (mm)									
mean	58.5	59.1	n.s.	60.8	61.7	n.s.	61.0	62.9	n.s.
Standard deviation	3.0	2.3		3.6	2.6		3.3	3.5	

n.s.: not significant, \*: p<0.05, †: p<0.01, ‡: p<0.001 (By Mann-Whitney U test)

められなかったが、男女ともに経年的増加が認められた (図9)。男児では、8歳と11歳間 (P<0.01)、11歳と14歳間 (P<0.01) で有意に増加していたが、女児では8歳と11歳間のみ増加が認められた (P<0.01)。どの年齢においても男女間で有意な差は認められなかった (表4)。

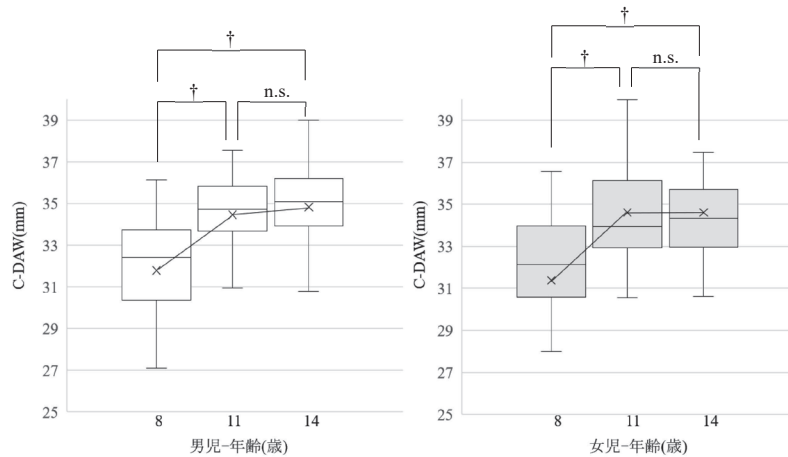
### 3) 口蓋形態の変化 (PV, PV-D, PS, PS-D, PD, PD-D)

口蓋容積PVに関し、男児では8歳で平均4894.0 mm<sup>3</sup>、11歳で平均5605.5 mm<sup>3</sup>、14歳で平均6315.5 mm<sup>3</sup>を示し、8歳と11歳間、11歳と14歳間、8歳と14歳間で有意な差が認められた (P<0.01)。女児においてPVは、8歳で平均4967.0 mm<sup>3</sup>、11歳で平均5452.8 mm<sup>3</sup>、14歳で平均5974.9 mm<sup>3</sup>を示した (図10)。女児では8歳と11歳間 (P<0.05)、11歳と

表5 口蓋計測の男女間の有意差

	8歳			11歳			14歳		
	female	male	U-test	female	male	U-test	female	male	U-test
<b>PV (mm<sup>3</sup>)</b>									
mean	4967.0	4894.0	n.s.	5452.8	5605.5	n.s.	5974.9	6315.5	n.s.
Standard deviation	998.0	924.4		1279.9	1388.5		1119.4	1110.5	
<b>PV-D (mm<sup>3</sup>)</b>									
mean	3423.9	3846.8	n.s.	4151.6	4137.5	n.s.	4233.7	4676.0	n.s.
Standard deviation	749.0	810.5		801.4	1068.4		1004.9	983.8	
<b>PS (mm<sup>2</sup>)</b>									
mean	794.8	783.8	n.s.	809.1	821.7	n.s.	808.3	829.9	n.s.
Standard deviation	96.1	91.0		98.1	85.1		79.7	98.1	
<b>PS-D (mm<sup>2</sup>)</b>									
mean	620.9	642.2	n.s.	641.6	654.9	n.s.	662.7	624.0	n.s.
Standard deviation	56.9	67.3		75.4	75.6		87.2	88.4	
<b>PD (mm)</b>									
mean	11.1	12.1	*	12.5	13.1	ns	13.2	15.1	†
Standard deviation	1.3	1.5		1.7	1.8		1.7	2.1	
<b>PD-D (mm)</b>									
mean	9.1	10.5	†	10.6	11.3	n.s.	11.3	13.0	†
Standard deviation	1.0	1.4		1.5	1.7		1.4	2.2	

n.s. : not significant, \*: p<0.05, †: p<0.01, (By Mann-Whitney U test)



n.s. : not significant, \*: p<0.05, †: p<0.01 (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図7 上顎犬歯間歯列幅径 (C-DAW) の経年変化

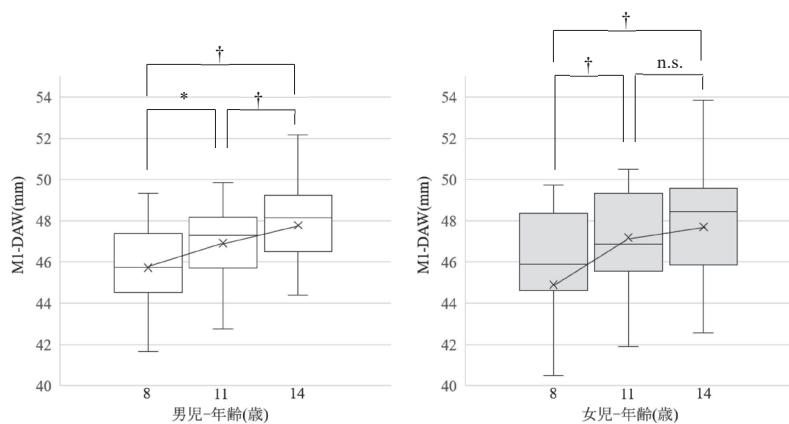
男児 n=27, 女児 n=19

14歳間 (P<0.01), 8歳と14歳間 (P<0.01) で有意な差が認められた。またPV-Dは, 男児では8歳で平均3846.8 mm<sup>3</sup>, 11歳で平均4137.5 mm<sup>3</sup>, 14歳で平均4676.0 mm<sup>3</sup>を示し, 8歳と11歳間 (P<0.01), 11歳と14歳間 (P<0.01), 8歳と14歳間 (P<0.01) で有意な差が認められた。女児においてPV-Dは, 8歳で平均3423.9 mm<sup>3</sup>, 11歳では平均4151.6 mm<sup>3</sup>, 14歳では4233.7 mm<sup>3</sup>を示した(図11)。女児では8歳から11歳の間 (P<0.05), 8歳と14歳間 (P<0.01) で有意な増加が認められた。PV, PV-Dとも8歳から14歳にかけて

経年的増加が認められ, 11歳と14歳において男児の容積が女児より大きい値となった。また女児のPV-Dに関し, 11歳から14歳にかけては有意な差は認められなかった。さらに, PV, PV-D, PS, PS-Dについては, どの年齢においても男女間で有意な差は認められなかった(表5)。

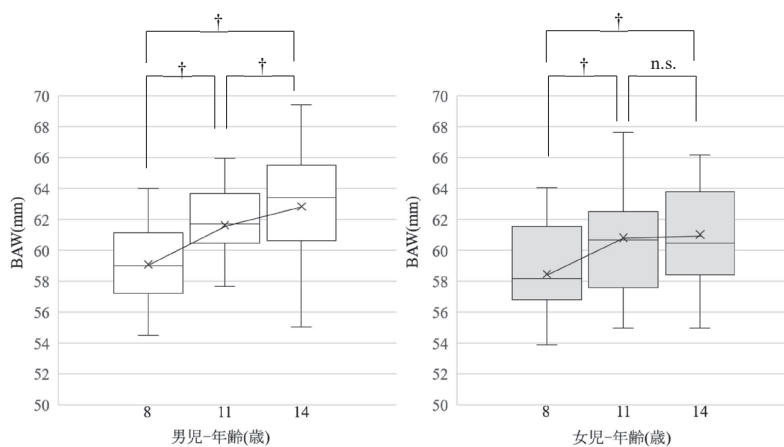
口蓋面積PSは, 男児では8歳で平均783.8 mm<sup>2</sup>, 11歳で平均821.7 mm<sup>2</sup>, 14歳で平均829.9 mm<sup>2</sup>を示し, 女児では, 8歳で平均794.8 mm<sup>2</sup>, 11歳で平均809.1 mm<sup>2</sup>, 14歳で平均808.3 mm<sup>2</sup>を示した(図12)。





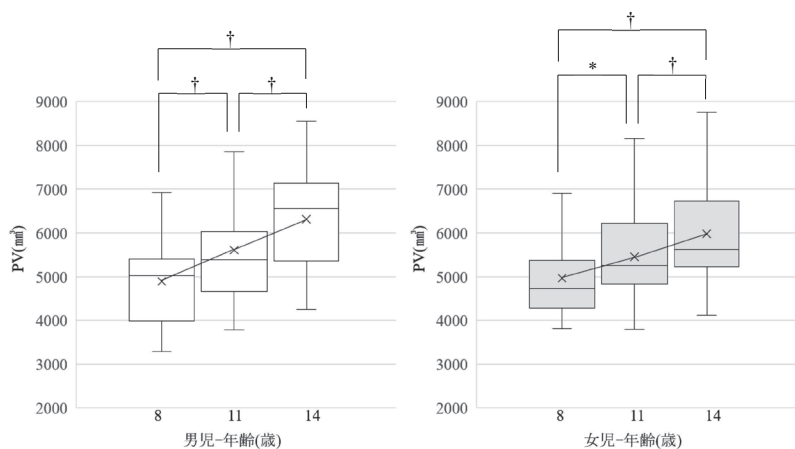
n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図8 上顎第一大臼歯間歯列幅径 (M1-DAW) の経年変化  
男児 n=27, 女児 n=19



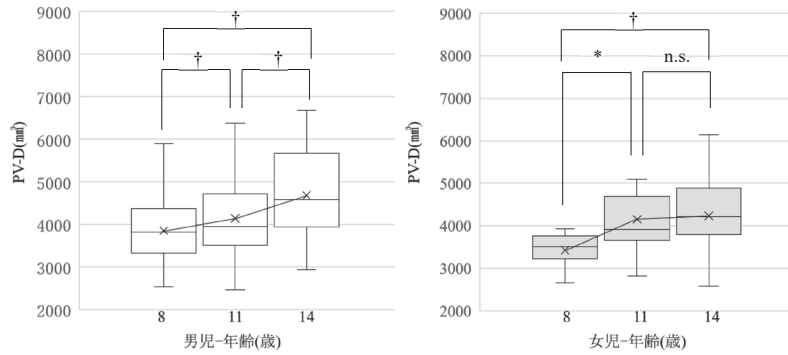
n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図9 上顎歯列基底弓幅径 (BAW) の経年変化  
男児 n=27, 女児 n=19



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

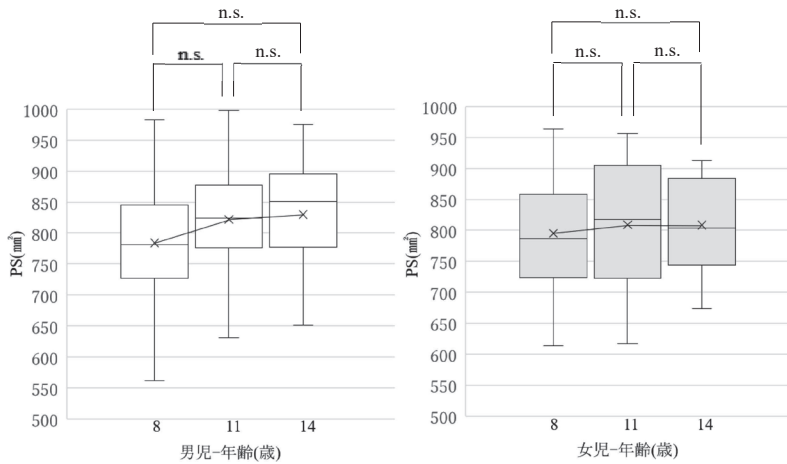
図10 口蓋容積 (PV) の経年変化  
男児 n=27, 女児 n=19



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図 11 深口蓋容積 (PV-D) の経年変化

男児 n=27, 女児 n=19



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図 12 口蓋面積 (PS) の経年変化

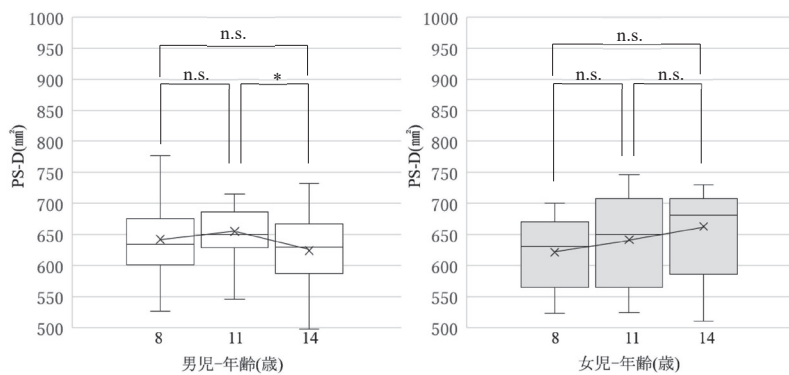
男児 n=27, 女児 n=19

男児, 女児とも各年齢の有意差は認められなかった。PS-D は, 男児は 8 歳で平均  $642.2 \text{ mm}^2$ , 11 歳で平均  $654.9 \text{ mm}^2$ , 14 歳で平均  $624.0 \text{ mm}^2$  を示し, 11 歳から 14 歳で有意な減少を示した ( $P < 0.05$ )。女児では 8 歳で平均  $620.9 \text{ mm}^2$ , 11 歳では平均  $641.6 \text{ mm}^2$ , 14 歳では平均  $662.7 \text{ mm}^2$  を示し, 年齢間の有意差は認められなかった (図 13)。PS, PS-D ともに 3 時点において, 男女間で有意な差は認められなかった (表 5)。

口蓋の深さ PD の計測では, 男児は 8 歳で平均  $12.1 \text{ mm}$ , 11 歳で平均  $13.1 \text{ mm}$ , 14 歳で平均  $15.1 \text{ mm}$  を示し, 女児では 8 歳で平均  $11.1 \text{ mm}$ , 11 歳で  $12.5 \text{ mm}$ , 14 歳で平均  $13.2 \text{ mm}$  を示した (図 14)。男女ともに 8 歳と 11 歳間 (男児:  $P < 0.05$ , 女児:  $P < 0.01$ ), 11 歳と 14 歳間 (男児:  $P < 0.01$ , 女児:  $P < 0.01$ ) で有意な差が認められた。また 8 歳と 14 歳においては, 男女間で有意な差を認めた ( $P < 0.01$ ) (表 5)。また PD-D は, 男児で

は 8 歳で平均  $10.5 \text{ mm}$ , 11 歳で平均  $11.3 \text{ mm}$ , 14 歳で平均  $13.0 \text{ mm}$  を示し, 女児では 8 歳で平均  $9.1 \text{ mm}$ , 11 歳では平均  $10.6 \text{ mm}$ , 14 歳では平均  $11.3 \text{ mm}$  を示した (表 2, 3)。男児の PD, PD-D において, 8 歳から 11 歳の間と比べて 11 歳から 14 歳の間は増加量は大きかった ( $P < 0.01$ )。PD, PD-D は, 男児は女児と比較して 3 時点でいずれも大きい値を示した。また男女ともに 8 歳と 11 歳間 (男児:  $P < 0.01$ , 女児:  $P < 0.01$ ), 11 歳と 14 歳間 (男児:  $P < 0.01$ , 女児:  $P < 0.01$ ) で有意に高い相関が認められた。そのうち PD-D では 8 歳, 14 歳において, 男女間で有意な差が認められ (8 歳:  $P < 0.01$ , 14 歳:  $P < 0.01$ ), 11 歳においては男女間で有意な差は認められなかった (図 15)。

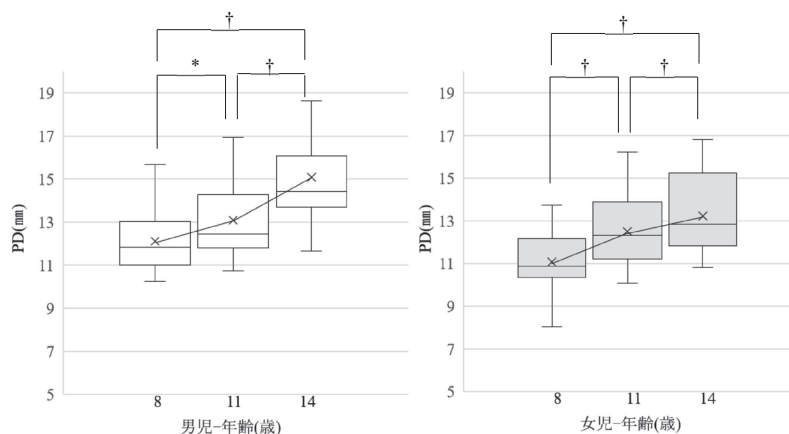
3. 経年変化を評価する各計測項目における, 各年齢における Dental age 間の比較 (表 6, 7)  
男児 8 歳における歯齡 III A と III B 間において有意な



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図13 深口蓋面積 (PS-D) の経年変化

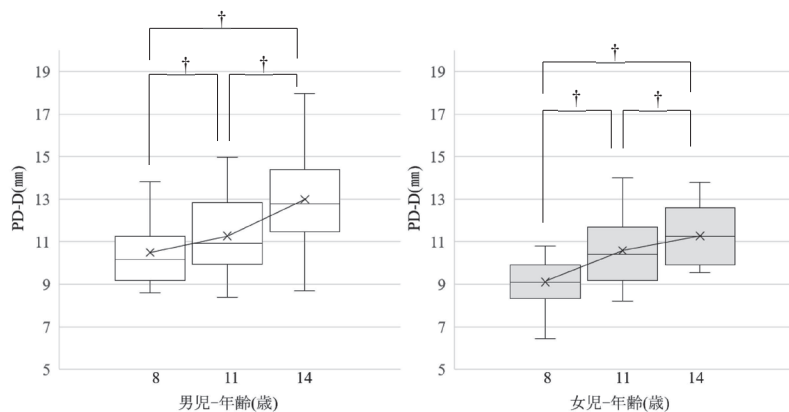
男児 n=27, 女児 n=19



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図14 口蓋の深さ (PD) の経年変化

男児 n=27, 女児 n=19



n.s. : not significant, \*:  $p < 0.05$ , †:  $p < 0.01$  (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction)

図15 深部口蓋の深さ (PD-D) の経年変化

男児 n=27, 女児 n=19

表6 経年変化を評価する各計測項目における、各暦齢のDental age間の有意差 (男児)

男児	8歳	11歳	14歳
	III A (n=16), III B (n=11)	III B (n=19), III C (n=8)	III C (n=10), IV A (n=17)
C-DAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
M1-DAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
BAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
PV (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PV-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PS (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PD (mm)	n.s.	n.s.	*
PD-D (mm)	n.s.	*	†

n.s. : not significant, \*p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Mann-Whitney U test)

表7 経年変化を評価する各計測項目における、各暦齢のDental age間の有意差 (女児)

女児	8歳	11歳	14歳
	III A (n=7), III B (n=12)	III B (n=12), III C (n=7)	III C (n=7), IV A (n=12)
C-DAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
M1-DAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
BAW (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
PV (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PV-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PS (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
PD (mm)	n.s.	n.s.	n.s.
PD-D (mm)	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. : not significant, \*p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Mann-Whitney U test)

差は認められなかった。11歳における歯齢ⅢBとⅢC間では、PD-D (P<0.05) で有意な差が認められた。また14歳における歯齢ⅢCとⅣA間において、PD (P<0.05), PD-D (P<0.01) で有意な差が認められた。

女児では、8歳、11歳、14歳において、各歯齢間の有意な差は認められなかった。

#### 4. 経年変化を評価する項目における、各 Dental age における暦齢間の比較 (表 8, 9)

男児では、ⅢBにおいて8歳と11歳の間で、C-DAW (P<0.01), M1-DAW (P<0.01), BAW (P<0.01), PS (P<0.05), PS-D (P<0.05) において有意な差が認められた。ⅢCにおいて11歳と14歳の間では、各計測項目の有意差は認められなかった。

女児では、ⅢBにおける8歳と11歳の間で、C-DAW (P<0.01), PV (P<0.05), PV-D (P<0.05), PD (P<0.05), PD-D (P<0.05) の値に有意な差が認められた。ⅢCにおいて11歳と14歳の間での有意差は示されなかった。

#### 5. ⅢA, ⅢB, ⅢCの3時点における経歯齢変化 (表 10, 11)

Dental Age を基準とし、各計測項目の成長変化を検討した。なお、同一症例で8歳と11歳においてⅢBである症例が男児25症例中5症例、女児15症例中5症例認められ、それらを除外して検討した。そのう

ちⅢAからⅢCの経歯齢資料がそろっている症例は男児7例、女児6例であり、これらを対象に歯列および歯槽基底形態の各計測項目の経歯齢変化を検討した。

男児に関し (表 10), PS, PS-Dを除いた各計測の平均値はⅢA, ⅢB, ⅢCと経歯齢的に増加しており、C-DAW, BAW, PV, PV-D, PD, PD-Dにおいて3群間の有意差が示された。各群間の比較では、PD, PD-DがⅢBとⅢC間において、C-DAW, BAW, PV, PV-D, PD, PD-DがⅢAとⅢC間において、有意差が示された。

女児に関し (表 11), M1-DAW, BAW, PV, PS-D, PD, PD-Dの平均値は経歯齢的に増加しており、C-DAW, M1-DAW, BAW, PDにおいて3群間の有意差が示された。各群間の比較では、C-DAWがⅢAとⅢB間において、M1-DAW, BAW, PDがⅢAとⅢC間において、有意差を認めた。

#### 6. 歯列弓形態と歯槽基底形態の関連 (14歳時の評価)

不正咬合の1指標として設定したALDとM1-DAWの関係を示す散布図を図16に示す。ALDは平均-0.35mmで、最大-15.1mm (叢生) から+8.0mm (空隙歯列) に分布していた。M1-DAWは平均48.2mmで最大値は51.5mm, 最小値は42.1mmを示した。

ALDはM1-DAWとの間に相関 (r=0.61, P<0.01) を認めたがC-DAWとの相関は認められず、歯列弓

表8 経年変化を評価する項目における、各Dental ageにおける暦齢間の有意差（男児）

男児	III B		III C	
	8歳III B (n=11), 11歳III B (n=19)		11歳III C (n=8), 14歳III C (n=10)	
C-DAW (mm)	†		n.s.	
M1-DAW (mm)	†		n.s.	
BAW (mm)	†		n.s.	
PV (mm <sup>2</sup> )	n.s.		n.s.	
PV-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.		n.s.	
PS (mm <sup>2</sup> )	*		n.s.	
PS-D (mm <sup>2</sup> )	*		n.s.	
PD (mm)	n.s.		n.s.	
PD-D (mm)	n.s.		n.s.	

n.s.: not significant, \*: p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Mann-Whitney U test)

表9 経年変化を評価する項目における、各Dental ageにおける暦齢間の有意差（女児）

女児	III B		III C	
	8歳III B (n=12), 11歳III B (n=12)		11歳III C (n=7), 14歳III C (n=7)	
C-DAW (mm)	†		n.s.	
M1-DAW (mm)	n.s.		n.s.	
BAW (mm)	n.s.		n.s.	
PV (mm <sup>2</sup> )	*		n.s.	
PV-D (mm <sup>2</sup> )	*		n.s.	
PS (mm <sup>2</sup> )	n.s.		n.s.	
PS-D (mm <sup>2</sup> )	n.s.		n.s.	
PD (mm)	*		n.s.	
PD-D (mm)	*		n.s.	

n.s.: not significant, \*: p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Mann-Whitney U test)

表10 Dental age 3時点の経歯齢変化（男児）

男児 (n=7)	III A		III B		III C		by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction			Friedman test
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.	III A-III B	III B-III C	III A-III C	
C-DAW(mm)	31.5	2.8	34.9	2.1	36.1	2.1	n.s.	n.s.	*	‡
M1-DAW(mm)	46.3	2.5	47.4	2.0	48.3	3.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
BAW(mm)	59.8	2.3	62.7	2.3	64.3	3.5	n.s.	n.s.	*	‡
PV(mm <sup>2</sup> )	5089.5	758.8	5569.9	1095.8	6164.7	939.1	n.s.	n.s.	*	‡
PV-D(mm <sup>2</sup> )	3926.4	685.6	4140.0	1093.0	4462.6	1056.4	n.s.	n.s.	*	‡
PS(mm <sup>2</sup> )	848.0	77.1	893.1	76.3	890.4	76.1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D(mm <sup>2</sup> )	677.2	64.6	690.3	78.4	669.6	78.4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PD(mm)	11.7	0.9	12.3	1.1	13.6	1.1	n.s.	*	†	‡
PD-D(mm)	9.9	0.8	10.3	1.3	11.2	1.5	n.s.	*	†	‡

n.s.: not significant, \*: p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction), ‡: p&lt;0.05 (by Friedman test)

s.d.: standard deviation

表11 Dental age 3時点の経歯齢変化（女児）

女児 (n=6)	III A		III B		III C		by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction			Friedman test
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.	III A-III B	III B-III C	III A-III C	
C-DAW(mm)	33.4	2.5	36.5	2.9	35.9	2.8	*	n.s.	n.s.	†
M1-DAW(mm)	47.6	1.8	48.7	2.1	49.1	1.9	n.s.	n.s.	*	†
BAW(mm)	59.3	3.6	62.2	4.9	62.4	4.4	n.s.	n.s.	*	†
PV(mm <sup>2</sup> )	5414.4	1253.6	5795.2	1195.2	5953.3	1231.8	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PV-D(mm <sup>2</sup> )	3488.2	452.1	4083.8	830.8	4009.2	1069.4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PS(mm <sup>2</sup> )	862.3	102.4	866.5	85.4	850.2	89.6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PS-D(mm <sup>2</sup> )	643.4	52.8	663.1	75.1	705.6	124.7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
PD(mm)	11.4	1.5	12.1	1.5	12.5	1.6	n.s.	n.s.	*	†
PD-D(mm)	9.0	0.6	10.0	1.4	10.4	1.2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: not significant, \*: p&lt;0.05, †: p&lt;0.01 (by Wilcoxon signed rank test with Bonferroni correction), ‡: p&lt;0.05 (by Friedman test)

s.d.: standard deviation

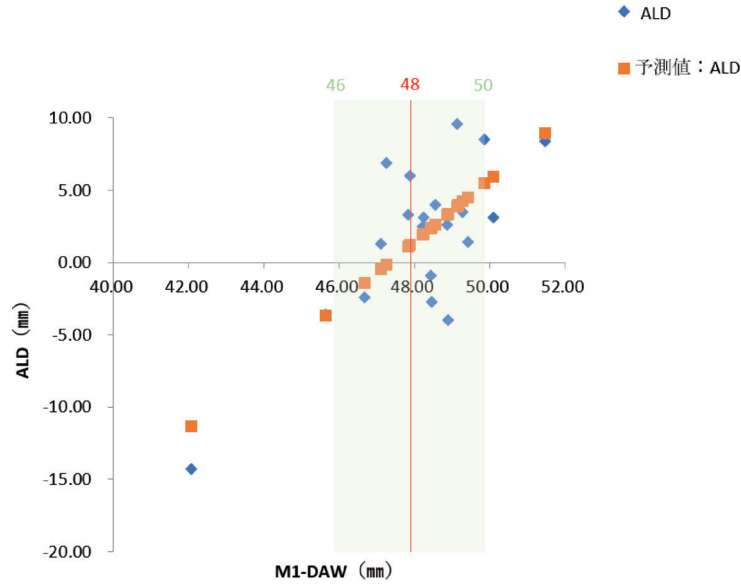


図 16 アーチレングスディスクレパンシーと歯列弓幅径の散布図

表 12 ALD と歯列歯槽基底形態各計測項目との相関関係

n=29	ALD	
	r	Significant Level
AAL (mm)	0.65	†
RAL (mm)	-0.29	n.s.
DAL (mm)	0.52	†
C-DAW (mm)	0.13	n.s.
M1-DAW (mm)	0.61	†
BAL (mm)	0.53	†
BAW (mm)	0.31	*
PV (mm <sup>2</sup> )	0.41	*
PV-D (mm <sup>2</sup> )	0.42	*
PS (mm <sup>2</sup> )	0.57	†
PS-D (mm <sup>2</sup> )	0.45	*
PD (mm)	0.19	n.s.
PD-D (mm)	0.07	n.s.

n.s. : not significant, \*: P<0.05, †: P<0.01 (by Pearson's correlation coefficient)

表 13 第一大臼歯間歯列幅径 (M1-DAW) と歯槽基底各計測項目との相関関係

n=29	M1-DAW (mm)	
	r	Significant Level
BAL (mm)	0.55	†
BAW (mm)	0.57	†
PV (mm <sup>2</sup> )	0.51	†
PV-D (mm <sup>2</sup> )	0.4	*
PS (mm <sup>2</sup> )	0.7	†
PS-D (mm <sup>2</sup> )	0.53	†
PD (mm)	0.02	n.s.
PD-D (mm)	0.07	n.s.

n.s. : not significant, \*: P<0.05, †: P<0.01 (by Pearson's correlation coefficient)

長径 DAL との相関が認められた (r=0.52, P<0.01)。また ALD は歯槽基底形態を示す BAW (r=0.31, P<0.05), BAL (r=0.53, P<0.01) との相関を認められた。ALD を算出する AAL と RAL との関連性では, AAL との相関を認めた (r=0.65, P<0.01) が, RAL との相関は認められず, ALD には歯冠幅径より歯列弓の大きさが関係することが示された (表 12)。

歯列弓幅径に対する歯槽基底形態の関りを検討した結果, M1-DAW は, BAL (r=0.55, P<0.01), BAW (r=0.57, P<0.01), PV (r=0.51, P<0.01), PV-S (r=0.4, P<0.05), PS (r=0.7, P<0.01), PS-D (r=0.53, P<0.01) との相関が認められた。一方, 口蓋の深さを示す PD, PD-D との相関は認められなかった (表 13)。

## 考 察

### 1. 研究資料について

本研究に用いた資料は, 昭和 40 年から蒐集を行った一般集団の成長期の縦断資料である。当時の資料は現代人との世代差により歯列形態や顎骨形態が異なる可能性があるが, 倫理上の社会的制約を考慮すると, 現代において同様の経年資料を採得することはきわめて困難である。そのため正常咬合, 乳歯列, 永久歯列などを対象としたセファロ分析や模型分析は, 横断資料による断片的な報告が多い<sup>27-29)</sup>。縦断資料は横断資料と比べ標本数に限りがあり, 資料採得に長い年月を要する。一般集団の長期的な縦断資料である本資料は, 顎顔面の成長発育を評価し診断基準を得るため, 非常

に有益で、貴重な資料であると考えられる。

本資料は6歳から14歳まで1年間隔に採得された資料<sup>21-23)</sup>であるが、今回の計測では、第一大臼歯の萌出が完了していることを前提としたことより、8歳、11歳、14歳の3時点での上顎歯列模型を対象に、その経年変化について検討を行った。

本研究では、一般集団の経年歯列石膏模型をデジタルデータ化することで、上顎の歯列弓形態と歯槽基底形態の三次元的形態を計測し、矯正歯科治療で対象とすることが多い成長期の経年変化を知ることができた。一般集団である本資料には、歯列不正を示すものも少なからず含まれていた。歯列不正を表す項目を増やして経年変化を評価することが今後の課題と言える。

## 2. 歯列模型の三次元デジタル画像分析について

歯列模型の三次元デジタル画像を用いた研究は一般的となってきた<sup>30)</sup>。先行研究において、本研究と同様3D Scanner、分析ソフトウェアを用いた計測精度に関し報告した。デジタル模型の距離的計測を実測値と比較した結果、計測誤差は0.2~0.5 mm、信頼度係数が98.1~99.4%であり、臨床上十分な精度を有していることを確認した<sup>12)</sup>。Huangら<sup>14)</sup>は、CBCT画像を三次元に構築し中国人成人男女の口蓋形態評価を行っているが、骨格性I級と比べてII級の被験者は、口蓋後方が平坦で狭いことを報告した。本研究では暦齢およびDental ageによる分類を行ったのみで、また成長期の変化であるため、比較は難しいが、従来では計測が困難であった口蓋容積や面積の経年的計測が可能となり、三次元的計測方法のより高い有用性が示されたと考えられる。またMuchitschら<sup>15)</sup>は同様に三次元デジタル画像を用いてRMEの拡大前後の変化を報告した。拡大前と拡大後では、口蓋幅と断面積は有意に増加したが、口蓋高さとは減少を示したと報告している。対象年齢は平均8.3歳と、本研究とも同様に第一大臼歯萌出後の児童を対象としていた。

口蓋部の成長変化は三次元的な現象であるため、三次元計測が可能であっても、その明確な描写は難しい。過去には、混合歯列期のデジタル模型を用いて、上顎乳歯の口蓋肉内中央点を参照点として口蓋容積および口蓋面積の計測を行っている<sup>30)</sup>。本研究で行った口蓋の計測方法でも、第一大臼歯と中切歯の歯肉縁点を参照した歯頸平面を設定し、歯の形態を含まず口蓋の部分定義することで、口蓋の三次元形態を評価することが可能となった。

## 3. 歯列弓および歯槽基底形態の成長変化について

歯列弓形態、歯槽基底形態の成長変化について、以前の論文では、乳犬歯間幅径は第一大臼歯萌出時期に

著大な増加を示したのち、その後脱落までは緩やかな増加を示し、第一大臼歯間幅径では8歳から14歳にかけて漸次的増加傾向を示したという報告がある<sup>13)</sup>。今回の研究でも、C-DAWおよびM1-DAWにおいて8歳から11歳にかけて大きな経年的増加が認められ、過去の論文とも一致していた。また、ほとんどの時期で女兒よりも男児の値が大きいことが示されたことも、同様の結果となった<sup>13)</sup>。C-DAWは女兒において11歳から14歳にかけて減少が認められたが、犬歯部での減少は女兒で早く生じる傾向にあったという過去の報告<sup>12)</sup>と同様の変化を示した。

BAWは女兒に比べ男児で大きく、男女ともに経年的増加を示した。過去の報告<sup>30)</sup>でも、歯槽基底幅径は、歯列弓幅径と同様な発育変化を示したという結果が示されている。M1-DAWとBAWの変化として、特に女兒において11歳から14歳の間で増加量が少なかった。第一大臼歯の歯列歯槽基底の幅径の成長変化には、側方歯の交換に伴う、第一大臼歯の近心的移動が関わっている可能性がある。本研究結果と同様に坂井<sup>31)</sup>は、12歳から15歳の間の上顎歯列の第一大臼歯間幅径の変化量が少ないことを報告した。そして第一大臼歯が、第二乳臼歯の脱落により近心移動すると同時に舌側に移動することが関わっていると考察している。

## 4. 口蓋形態の成長変化について

口蓋容積の評価法としてShahen Sら<sup>32)</sup>、Graccoら<sup>33)</sup>は本研究と同様の計測を行ったが、その目的は上顎拡大装置の効果に関する評価であり、成長変化を検討した報告ではない。Primožicら<sup>30)</sup>は、平均年齢5.3歳を対象に2年半の短期間で口蓋容積の成長変化を報告し、経年的に口蓋容積が増加することを示した。本研究と同様に口蓋容積を計測し、成長に伴う増加を示したが、第一大臼歯が萌出する前の個体のため第一大臼歯より前方を評価した研究である。矯正歯科治療では就学後の個体を対象とすることが多く、本研究で示された8歳、11歳、14歳における口蓋容積のデータは臨床上より有用と考えられる。

PV、PV-Dは8歳から14歳にかけて経年的増加が認められ、3時点すべてにおいて男児が女兒と比べ大きい値を示した。一方女兒のPV-Dは、11歳から14歳にかけて増加率の減少を示した。女兒においては11歳以降、全体の口蓋容積が歯槽高径の増加に伴い拡大するのに対し、口蓋深部の形態変化が次第に収束へと向かっている可能性があると考えられた。佐久間ら<sup>18)</sup>は、格子パターン投影法を用いて、暦齢で6歳から12歳における同一個体の1年ごとの上顎石膏模型を使用し、口蓋容積が10~11歳で口蓋後方部容積

が著しく増加することを報告した。本研究でも同様の結果が示され、男女ともに8~11歳にかけてPVおよびPV-Dの有意な増加が認められた。嘉藤ら<sup>17)</sup>は、半導体レーザーにて3歳、4歳、5歳の歯列模型を三次元計測し、口蓋断面積、口蓋容積を横断的に年齢別および男女別に比較検討した。本研究と比べ低年齢児に対する検討であるが、口蓋容積が女兒より男児のほうが大きい値を示し、増齢とともに大きくなることを報告した。

口蓋面積の成長変化として、男児の8歳と11歳間で有意な増加を認めたが、女兒では各年齢間の有意差は示されず、11歳から14歳の間、男女ともにPSの増加量が低下していた。このことには、側方歯交換に伴う第一大臼歯の近心移動が関わっているものと考察された。また各年齢における口蓋面積の大きさに男女間で有意な差は認められなかった。歯列デジタル画像を用いて口蓋部の計測を行った報告では、口蓋容積は経年的に有意に増加すること、口蓋面積の大きさに関して男女間に有意差は認められなかったという本研究と同様の結果が示された<sup>30)</sup>。

口蓋の深さを示すPD、PD-Dとも、側方歯の交換に伴い、8歳から11歳にかけ、経年的増加を示し、男児は女兒と比較して3時点いずれも大きい値を示した。特に男児の口蓋の深さPD、PD-Dは、8歳から11歳間と比べて11歳から14歳間では増加率があがっていた。韓国人6歳から14歳までの三次元デジタル画像の経年資料を用いた研究では、成長に伴い口蓋の高さが増大したという本研究と同様の結果を報告した<sup>34)</sup>。口蓋容積、口蓋面積と比べ、大臼歯の前後的位置(遠心面)を反映する値ではなく、ほぼ純粋な垂直的变化を示している。口蓋の深さの成長変化は、口蓋容積の増大に少なからず影響していると考察された。Massaroら<sup>35)</sup>は、暦齢で13歳、17歳、60歳のブラジル人正常咬合者を対象に経年変化を研究し、口蓋深度は13歳から17歳にかけて増加したと報告した。中道ら<sup>19)</sup>は、健常者9~15歳の石膏模型を使用し口蓋計測を行った。口蓋の深さは、男女ともに成長に伴い増加傾向を示し、男児では11歳から14歳にかけて増加量が増えたと報告し、本研究でも同様の結果が示された。

## 5. 暦齢評価と歯齢評価について

不正咬合の診断において、歯列や顎骨形態の評価基準を求めため、暦齢ではなく歯齢あるいは手根骨や頸椎の成熟度など、生理的年齢を参照することが少なくない。特に矯正歯科治療で最も行われてきた側面頭部エックス線規格写真分析では、各Dental Age別に歯列や顎骨形態を評価する項目の正常値が知られてお

り、日常臨床で有効活用されてきた。本研究の経年資料は、暦例を基準に蒐集されたものであることより、各計測項目の経年変化と歯齢との関りを検討した。

経年変化を評価する各計測項目を、8歳児、11歳時、14歳時の3時点においてDental Age間で比較したが、男児のPD-Dの他は、有意な差を認めなかった。一方、ⅢB、ⅢCを対象にそれぞれ8-11歳間、11-14歳の暦齢で比較したところ、ⅢBの8-11歳間において男児では歯列弓および歯槽基底の幅径と、口蓋面積で有意差を認め、女兒では口蓋の容積や深さの項目に有意差を認めた。ⅢCの11-14歳間では男女とも、すべての項目で有意差は認めなかった。

これらの結果は、暦例を基準に蒐集した経年資料をDental Ageを基準とした横断資料として検討したことが関わっている可能性がある。本資料の中より、同じDental Ageが8歳、11歳、14歳の各時点に認められず、ⅢA、ⅢB、ⅢCにかけ経歯齢資料がそろっていることを条件に症例を選択し、経歯齢変化を検討した。男女とも各歯齢3群間の有意差を示した項目のうち、ほとんどはⅢA-ⅢC間で2群間の有意差を認めるだけであった。この結果は、症例数が男児7例、女兒6例と限られていたことが一因と考えられる。またⅢBは男児では8歳が11例、11歳が19例と、女兒では8歳が12例、11歳が12例と、両時点に同程度に分布していた。同様にⅢCは男児では11歳が8例、14歳が10例と、女兒では11歳が7例、14歳が7例と、両時点に同程度に分布していた。したがって同じDental Ageでも、3年程度の年齢差がある事が少なくないことが分かる。本研究対象となった8歳、11歳、14歳は思春期性成長期を含む成長の旺盛な時期であり、ⅢBやⅢCといったDental Ageの一段階でも大きな成長変化が起こっている可能性がある。

このようにさまざまな要因があるものの、本研究の結果では歯列形態および口蓋形態は、Dental ageより暦齢が、経年変化を評価する重要な指標となることが示唆された。側面頭部エックス線規格写真分析は、各Dental Ageの基準値を参照し矯正の診断に広く有効活用されているが、暦齢による評価基準を用いた診断も有効と考えられる<sup>24)</sup>。今後は、歯列模型を用いたDental Ageではなく、生理的年齢をより詳細に反映するエックス線を用いた永久歯の発育段階<sup>22)</sup>などを参照した評価が求められると考察された。

## 6. 歯列弓形態と歯槽基底形態の関わりについて

歯列不正を形作る歯列弓形態と、骨格形態を反映する歯槽基底形態との関りを知ることを目的とし、14歳時点の男子のデジタル模型を対象に、各計測値の相関関係について解析を行った。



歯列不正の叢生の指標として設定したALDは、AAL, DAL, M1-DAW, BAL, BAW, PV, PV-D, PS, PS-Dと有意な相関関係を示した。歯列弓幅径に関しては、M1-DAWと有意に高い相関を示したが、C-DAWとの関わりは認められなかった。また歯列弓長径とも有意な相関を示したことより、歯列弓の大きさがALDの発現と関わることを示された。AALとRAL差として算出された値であるが、AALと高い相関が示された一方、RALとは有意な相関が示されなかった。同様な結果はHoweらにより示されており、叢生は歯冠幅径などの歯の大きさよりも、歯列弓周長と関わっていることを報告し、叢生の主な要因は、上顎骨の前後的、側方的な劣成長と述べた<sup>36)</sup>。オーストラリアのアボリジニ人を対象とし、食性変化前後の世代間で歯列形態を比較した研究からは、現代人におけるALDの発現には歯の大きさよりは上顎骨の大きさが深く関わることを報告された<sup>37)</sup>。

本研究の結果よりALDは、BAW, BALと、PV, PV-D, PS, PS-Dとも有意な相関が認められた。したがって、ALDの発現には、上顎骨の歯槽基底形態の狭窄を主とする劣成長が深く関わっており、同時に歯列弓の狭窄を発現していることが示唆された。そして、M1-DAWが歯槽基底形態を表す各計測項目と有意な相関を示したことより、第一大臼歯間の幅径は上顎骨の成長を示唆する臨床的に重要なパラメーターと考えられる。同様な意見としてMcNamaraは、上顎骨の狭窄は最も多い顎変形の一つであるが定量化されておらず、第一大臼歯歯頸部の舌側間距離(36-39mm)の計測が臨床的に有用であり、同計測部位の狭窄が強い場合は上顎歯槽基底部の拡大、すなわち急速拡大法の適用が必要であると報告した<sup>4)</sup>。

#### 7. 口蓋形態と歯列弓および歯槽基底形態との関わりについて

14歳時の資料を用い、上顎の歯列弓形態と歯槽基底形態を検討した結果、口蓋の容積および面積が、不正咬合の指標としてのALDやM1-DAWに関わっていることが示された。口蓋形態は舌圧など口腔機能の影響を直接受けており<sup>10)</sup>、歯列弓や歯槽基底部の狭窄を伴う不正咬合の発現に関わっていると考えられる。デジタルモデルを用いた計測は、三次元的に複雑な口蓋を比較的容易に計測可能であり、本研究結果は、混合歯列期における矯正歯科治療において、上顎歯列および歯槽基底形態の成長予測に有益であると考えられた。また矯正歯科治療における診断基準の確立、口腔機能との関わりへの解明にも有用と考えられた。

成長期における上顎骨形態は、機能的要因などさまざまな要因の影響を受けるため、個体差が大きい。本

研究に用いた資料は、昭和40年から蒐集を行った一般集団の成長期の縦断資料であり、経年資料として貴重であるが、現代の成長様相や基準値として使用するにあたっては古いデータである。また対象者は女児の方が少なく、14歳時点の計測は男子のみ行った。今後の研究としては、現代の口蓋形態の成長変化を把握するため、歯根の発育段階や頸椎の成熟などを指標にし、より個成長を反映した評価基準を作成するために、長期における経年変化を研究することが課題と言える。

## 結 論

本研究では日本人一般集団の経年歯列模型を対象に、8歳児、11歳児、14歳児の3時点の上顎歯列および歯槽基底形態の経年変化を評価し、14歳児においては、上顎の歯列弓形態、歯槽基底形態と口蓋形態のかかわりについて検討した。

研究資料は、歯科学的な健康管理を目的に協力の得られた、横須賀市在住の昭和40年時点で6歳の、6歳から14歳までの一年間隔に採得した経年的上顎歯列石膏模型である。8歳児、11歳児、14歳児の3時点の経年変化を評価し(計46名、男児27名、女児19名)、Dental Ageとの関わりを検討した。また男子14歳時(計29名)の歯列デジタルモデルを用い、上顎のALDおよびM1-DAWと、歯列弓形態、歯槽基底形態の関わりを検討し、次の結果を得た。

1. 歯列弓幅径は、犬歯(乳犬歯)間幅径および第一大臼歯間歯列幅径において8歳から11歳にかけて大きな経年的増加が認められた。
2. 上顎歯槽基底弓幅径は、男女ともに経年的増加が認められた。上顎歯槽基底弓幅径は女児に比べて男児が大きく、女児において、11歳から14歳にかけて増加率の減少が示された。
3. 口蓋容積は、男女とも8歳から14歳にかけて経年的増加が認められた。11歳と14歳において男児が女児と比べ大きな容積を示した。また女児の口蓋容積は11歳から14歳にかけて増加率の減少を示した。
4. 口蓋面積の大きさは、男児では経年的増加が認められた。女児では11歳から14歳にかけて増加率の減少を示した。口蓋面積では、男児において11歳から14歳で減少を示した。女児では経年的増加が認められた。
5. 口蓋の深さは、男児の8歳から11歳の間と比べて、11歳から14歳の間では増加率があがっていた。男児は女児と比較して3時点いずれも大きい値を示した。
6. アーチレングスディスクレパンシーは、第一大臼歯

間幅径と有意に高い相関が示されたが、犬歯間幅径との関りは認められなかった。また、歯列弓長径とも有意な相関を示し、上顎歯槽基底弓幅径および歯槽基底弓長径とも有意な相関を示した。

アーチレングスディスクレパンシーには、歯冠幅径よりは歯列弓の大きさが関わっていることが示された。

7. 歯列弓幅径は、上顎歯槽基底弓幅径、上顎歯槽基底弓長径、口蓋容積および口蓋面積と有意な相関関係を示したが、口蓋の深さとの関りは認められなかった。
8. 口蓋形態は、Dental age よりも唇齢からその成長変化を把握しやすいことが示唆された。

### 利益相反

論文に関連する研究助成に関して、申告すべき利益相反はありません。

### 文 献

1. da Silva Filho OG, Ferrari Júnior FM, Okada Ozawa T: Dental arch dimensions in Class II division 1 malocclusions with mandibular deficiency. *Angle Orthod.* **78**(3): 466-474, 2008.
2. Poosti M, Jalali T: Tooth size and arch dimension in uncrowded versus crowded Class I malocclusions. *J Contemp Dent Pract.* **8**(3): 45-52, 2007.
3. Uysal T, Usumez S, Memili B *et al.*: Dental and alveolar arch widths in normal occlusion and Class III malocclusion. *Angle Orthod.* **75**(5): 809-813, 2005.
4. McNamara JA: Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **117**(5): 567-570, 2000.
5. O'Byrn BL, Sadowsky C, Schneider B *et al.*: An evaluation of mandibular asymmetry in adults with unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **107**(4): 394-400, 1995.
6. Fernanda A, Lucia H.S.C, Lorenzo F *et al.*: Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **144**(4): 759-769, 2013.
7. Tai B, Goonewardene MS, Murray K *et al.*: The reliability of using postero anterior cephalometry and cone-beam CT to determine transverse dimensions in clinical practice. *Aust Orthod J.* **30**(2): 132-142, 2014.
8. Koo YJ, Choi SH, Keum BT *et al.*: Maxillomandibular arch width differences at estimated centers of resistance: Comparison between normal occlusion and skeletal Class III malocclusion. *Korean J Orthod.* **47**(3): 167-175, 2017.
9. Yasui A, Kobayashi M, Konishi H *et al.*: A new morphometric method of dental and alveolar basal arch. *Bull Kanagawa Dent Col.* **35**(2): 151-157, 2007.
10. Thüer U, Sieber B, Ingervall B *et al.*: Cheek and tongue pressures in the molar areas and the atmospheric pressure in the palatal vault in young adults. *Eur J Orthod.* **21**(3): 299-309, 1999.
11. Mohan CN, Araujo EA, Oliver DR *et al.*: Long-term stability of rapid palatal expansion in the mixed dentition vs the permanent dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **149**(6): 856-862, 2016.
12. 窪田めぐみ, 尾崎博弥, 不島健持: 歯列模型三次元デジタル画像を用いた上顎急速拡大の評価. *Orthod Waves-Jpn Ed.* **78**(1): 22-36, 2019.
13. 辻野啓一郎, 町田幸雄. 幼児期から青年期にいたる歯列弓幅径の成長発育に関する累年の研究. *小児歯誌.* **35**(4): 670-683, 1997.
14. Huang X, Hu X, Zhao Y *et al.*: Preliminary comparison of three-dimensional reconstructed palatal morphology in subjects with different sagittal and vertical patterns. *BMC Oral Health.* **20**(1): 55, 2020.
15. Muchitsch AP, Winsauer H, Wendl B *et al.*: Remodeling of the palatal dome following rapid maxillary expansion(RME): laser scan-quantifications during a low growth period. *Orthod Craniofac Res.* **15**(1): 30-38, 2012.
16. Kairalla SA, Velasco L, Bachi ALL *et al.*: Evaluation of palatal dimensions in different facial patterns by using digital dental casts. *Dental Press J Orthod.* **27**(5) e222115, 2022.
17. 嘉藤幹夫, 奥田 恵, 一柳幸代ほか: 半導体レーザーによる口蓋部の三次元計測—1. 乳歯列期の口蓋断面積, 投影面積と容積の増齢的变化について—. *小児歯誌.* **44**(5): 641-648, 2006.
18. 佐久間秀二, 永坂 哲, 菅 藏人ほか: 6~12歳時の経年的口蓋形態変化に関する研究. *Orthod Waves-Jpn Ed.* **68**(1): 25-34, 2009.
19. 中道浩司, 名方俊介, 中島昭彦: 健常者と Duchenne型進行性筋ジストロフィー症患者における口蓋形態の成長変化. *Orthod Waves-Jpn Ed.* **62**(5): 333-345, 2003.
20. 大村隆司, 平田順一, 宮内充子ほか: 同一個人の乳歯列期(2A期)と永久歯列期(3C期)の口蓋形態および口蓋容積に関する研究 モアレトポグラフィを用いて. *日大歯学.* **65**(5): 740-751, 1991.
21. 本郷 弘: 日本人学童の全身と顎顔面頭蓋の相対成長についての研究. *神奈川歯学.* **16**(3): 49-70, 1981.
22. 加来哲夫, 鈴木祥井: 頭部 X線規格写真法による日本人学童の顎顔面頭蓋の形態学的研究. *神奈川歯学.* **13**: 66-95, 1978.
23. 小田博雄: 永久歯の発育に関する研究. *神奈川歯学.* **17**: 449-450, 1982.
24. 門松須賀子, 小林 優, 不島健持ほか: 日本人成長期経年資料を用いた平均顔面頭蓋図形分析. *東矯歯誌.*

- 21(2) : 85-96, 2011.
25. Dahlberg G: Statistical methods for medical and biological students. Interscience Publications. *Br Med J.* **4158**(2): 358-359, 1940.
26. Houston WJ: The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod.* **83**(5): 382-390, 1983.
27. 粥川 浩: レントゲン, セファログラムによる日本人の顎態研究 I. ダウンズ分析法による検討. 日矯歯誌. **13**(1) : 6-17, 1954.
28. 須佐美隆三: 下顎前突者の顎顔面頭蓋形態の年齢的推移に関する X線計測学的研究. 日矯歯誌. **26**(1) : 1-34, 1967.
29. 遠藤 孝: 歯列咬合に関する疫学的研究 学童期における歯・顎・顔面各部計測および, それといわゆる正常咬合者群との比較. 日矯歯誌. **29**(2) : 111-126, 1970.
30. Primožic J, Perinetti G, Richmond S *et al.*: Three-dimensional longitudinal evaluation of palatal vault changes in growing subjects. *Angle Orthod.* **82**(4): 632-636, 2012.
31. 坂井正彦: 歯列弓と歯槽基底の成長変化における関連性—3歳から14歳までの平均成長による研究—. 歯学. **67**(3) : 481-489, 1979.
32. Shahan S, Carrino G, Carrino R *et al.*: Palatal volume and area assessment on digital casts generated from cone-beam computed tomography scans. *Angle Orthod.* **88**(4): 397-402, 2018.
33. Gracco A, Malaguti A, Lombardo L *et al.*: Palatal volume following rapid maxillary expansion in mixed dentition. *Angle Orthod.* **80**(1): 153-159, 2010.
34. Yang ST, Kim HK, Lim YS *et al.*: A three dimensional observation of palatal vault growth in children using mixed effect analysis: A 9 year longitudinal study. *Eur J Orthod.* **35**(6): 832-840, 2013.
35. Massaro C, Miranda F, Janson G *et al.*: Maturation changes of the normal occlusion: A 40-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **154**(2): 188-200, 2018.
36. Howe RP, McNamara JA Jr, O'Connor KA: An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. *Am J Orthod.* **83**(5): 363-373, 1983.
37. Corruccini RS: Australian aboriginal tooth succession, interproximal attrition, and Begg's theory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **97**(4): 349-357, 1990.
-