

原 著

上顎前歯部歯槽弓と顔軟組織との形態的關係

鈴木 貴裕 西島 貴之 南 哲至 清水 唯行
黒柳 ふみ 北井 則行

Morphological Relationships between Maxillary Alveolus and Facial Soft Tissue

SUZUKI TAKAHIRO, NISHIJIMA TAKAYUKI, MINAMI SATOSHI, SHIMIZU TADAYUKI,
KUROYANAGI FUMI and KITAI NORIYUKI

抄録：本研究の目的は、上下顎前突が認められる患者の上顎前歯部の上顎骨と顔軟組織について、コーンビーム CT を用いて記録し、上顎歯列弓形態、同部歯槽弓形態および顔軟組織形態との間の関係を明らかにすることである。上下顎前突を主訴として来院した25名の患者について、矯正診断のためにコーンビーム CT 装置を用いて頭蓋顎顔面の画像を記録した。得られた CT 画像データ上で、正中歯槽頂部の高さにおいて、歯槽と軟組織の水平的傾斜角度をそれぞれ、歯槽頂部歯槽傾斜角度、歯槽頂部軟組織傾斜角度と定義した。また、同様に、正中歯槽最深部の高さにおいて、歯槽と軟組織の水平的傾斜角度をそれぞれ、歯槽最深部歯槽傾斜角度、歯槽最深部軟組織傾斜角度と定義した。さらに、犬歯部歯槽頂点から正中矢状平面までの最短距離を犬歯歯槽頂距離、犬歯部歯槽最深点から正中矢状平面までの最短距離を犬歯歯槽最深距離と定義した。各計測変量について、Spearman の順位相関係数を求めて、統計的検定を行った。

歯槽頂部軟組織傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に正の相関が認められた。また、歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽頂部軟組織傾斜角度との間、および歯槽最深部歯槽傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に正の相関が認められた。犬歯歯槽頂距離と角度計測項目との間、犬歯歯槽最深距離と角度計測項目との間には有意の相関が認められなかった。

本研究より、上下顎前突が認められる患者では、顔軟組織について、歯槽頂部での水平的傾斜角度が大きくなるほど歯槽最深部での水平的傾斜角度が大きくなることが明らかになった。また、歯槽頂部および歯槽最深部において、歯槽の水平的傾斜角度が大きくなるほど顔軟組織の水平的傾斜角度が大きくなることが明らかになった。一方、犬歯間幅径と顔軟組織形態との間には関連が認められなかった。

キーワード：上顎前歯部、上顎歯列、上顎歯槽部、顔軟組織、CT

Abstract: The purpose of this study was to examine whether there were any correlations between the maxillary dental arch, associated alveolus, and associated facial soft tissue in bimaxillary protrusion. Cone-beam computed tomography (CBCT) images of the face were recorded in 25 patients having untreated bimaxillary protrusion. The horizontal inclination angles of the maxillary dental arch, associated maxillary alveolus, and associated facial soft tissue were measured in the alveolar crest and alveolar deepest regions. The inter-canine widths were also measured in the alveolar crest and deepest alveolar regions. Correlations between the measured variables were tested for statistical significance.

Significant positive correlation was found between the horizontal inclination angle in the alveolar crest region and that in the deepest alveolar region on the facial soft tissue. Significant positive correlations were found between the horizontal inclination angle of the maxillary alveolus and the associated facial soft tissue both in the alveolar crest and deepest alveolar regions. No significant correlation was found between the inter-canine width and the horizontal inclination angle of the maxillary alveolus and facial soft tissue.

In patients with untreated bimaxillary protrusion, the more horizontally the maxillary soft tissue inclined in the alveolar crest region, the more horizontally the associated facial soft tissue inclined in the deepest alveolar region. The more horizontally the maxillary alveolus inclined, the more horizontally the associated facial soft tissue inclined both in the alveolar crest and deepest alveolar regions. Inter-canine width was not associated with the facial soft tissue morphology.

Key words: maxillary anterior teeth, maxillary dental arch, maxillary alveolus, facial soft tissue, CT

緒 言

矯正歯科臨床においては、顔軟組織形態について、側面位で撮影された頭部 X 線規格写真（セファロ写真）を用いて、顔の正中矢状平面に投影された画像上で、側貌が主に評価されてきた¹⁾。側貌軟組織の評価方法として、鼻の先端とオトガイの最前方部を結んだ直線である E-line と口唇の位置関係が代表的な指標として用いられている²⁾。また、セファロ写真は、顔軟組織と歯や骨などの硬組織との関係を調べることができるという利点があり、歯軸傾斜が側貌軟組織と関連していることが報告されている³⁾。しかし、セファロ写真は、側貌を評価することができるだけで、顔の三次元的な特徴を表すものではなかった。

顔軟組織の三次元的評価については、直接計測用ノギス⁴⁾、石膏模型計測法⁵⁾、ステレオ写真計測法⁶⁾、モアレ写真⁷⁾および三次元デジタイザー⁸⁾などで行われてきたが、計測、分析の方法が複雑であった。近年、表面形状計測装置⁹⁾の発達によって、三次元形態の記録が簡便になった。そこで、顔軟組織表面の特徴の三次元的把握が容易となり、口唇の動きを三次元的に分析する¹⁰⁾ことなどに用いられてきている。しかし、この装置は X 線検査法とは異なり、顔軟組織表面形状しか記録できず、内部構造との関係を調べることはできなかった。

歯列弓の大きさと形態については、診断と治療計画の立案の観点から注目され¹¹⁾、マルチブラケット装置による矯正歯科治療では、犬歯間幅径を保つことが歯列の安定性に重要であると考えられている¹²⁾。不正咬合と歯列弓形態との関係を調べた研究では、Ⅱ級 1 類不正咬合では正常咬合と比較して上顎大白歯間幅径が小さいこと^{13,14)}が報告されている。このことから、歯列弓幅径が狭いと歯列が前突することが予測され、前突した歯列が軟組織にも影響を与えていると推測される。

また、歯列の安定性には、バクシネーターメカニズムが関与していることが知られている¹⁵⁾。バクシネーターメカニズムとは、歯列弓を帯状に取り囲む口輪筋、頬筋および上咽頭収縮筋が歯列弓の内側からの舌

に拮抗して歯列、咬合の保持に大きく関与しているという考え方であり、歯列の安定は歯列弓周囲の軟組織に依存し、歯列弓、歯槽弓形態と顔軟組織形態が関連していると考えられる。そこで、上顎前歯部の歯列弓および歯槽弓形態とともに、顔軟組織形態を定量的に評価することが、患者の頭蓋顎顔面の形態的特徴を把握し、歯列の安定性について検討するために重要である。ところが、これまでに、歯列弓形態と軟組織形態を同時に解析し、歯列弓形態が軟組織とどのように関連しているのかを検討した報告は認められない。

近年、歯顎顔面用コーンビーム CT の発達により、頭蓋顎顔面の形態的特徴について、三次元的に解析することが可能となった¹⁶⁻¹⁸⁾。また、同機器を用いれば、硬組織とともに軟組織についても表面形状を評価することは可能であると考えられている¹⁹⁻²¹⁾。歯槽形態については歯槽形態を単独で調べた報告は認められる^{22,23)}が、上顎前歯部歯槽形態と同部顔軟組織形態を同時に評価した研究は、上顎骨歯槽部と顔軟組織の傾斜角度を調べた報告^{24,25)}がみられるだけである。これらの報告で、上顎犬歯傾斜角度と顔軟組織形態とが関連していることが明らかにされたが、これは水平面と垂直な平面上での傾斜角度を調べたものであった。前歯でもっとも外側にある犬歯で規定される前歯部歯槽弓形態と軟組織も関連があることが予測され、矯正歯科臨床において、歯列弓、歯槽弓形態と顔軟組織形態との関係を調べることは、頭蓋顎顔面の形態的特徴を客観的に把握し、歯科矯正学的な診断を適切に行う上で重要である。

本研究の目的は、上下顎前突が認められる患者の上顎前歯部の上顎骨と顔軟組織についてコーンビーム CT を用いて記録し、上顎歯列弓形態、歯槽弓形態および顔軟組織形態との間の関係を明らかにすることである。

被検者および方法

1. 被検者

上下顎前突を主訴として歯科医院に来院し、矯正歯科治療を希望した 25 名の患者（年齢範囲：12 歳 0 か月～30 歳 1 か月；性差：男性 9 名，女性 16 名）を被検者

とした。被検者は第一大臼歯までのすべての永久歯が萌出していた。

被検者に対して、本研究の目的と方法について十分な説明を行った上で研究へ協力することへの同意を得た。本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認（承認番号第20070号）を得て行った。

2. 撮影方法

不正咬合の矯正歯科治療の診査、診断および治療計画の立案を目的に、各被検者に対して以下のような条件でCT撮影を行った。歯顎顔面用コンビームCT装置（CB MercuRay, 日立メディコ, 東京）を使用して、撮影範囲をナジオンからオトガイの最下方部までとし、被検者のフランクフルト平面と床とを平行にした状態で、中心咬合位で咬合させて、120kV, 15 mA, スライス厚さ0.29mm, 撮像領域を直径15cmの球形, マトリックス数512×512, ピクセルサイズ0.29 mmの撮影条件でCT画像を記録した。

3. 計測方法

三次元的な計測を行うため、CT画像データを、CB MercuRay用画像処理ソフトウェア（CB View V 1.60, 日立メディコ, 東京）を用いてDICOM画像データに変換し、三次元画像解析用ソフトウェア（Ana-

lyze™, Biomedical Imaging Resource, Mayo Clinic and Foundation, Rochester, MN, USA）を用いて、CT軸位断像、冠状断像および矢状断像を同時に表示させながら、以下の基準点、基準平面、座標系および計測点を決定した。計測時の画像表示ウインドウは、ウインドウ幅は約4,000, ウインドウ中心は約1,000に設定した。

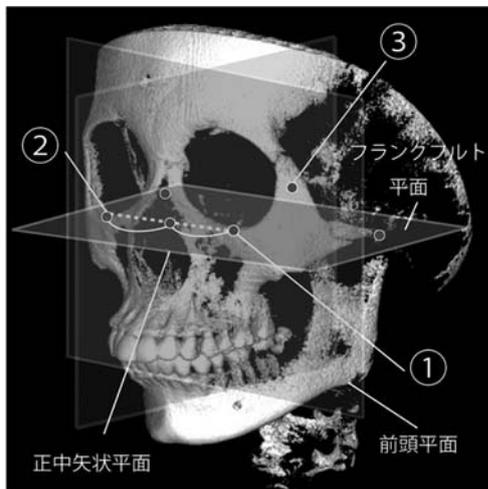
1) 基準点（図1）

- ・ポリオン：骨外耳道上の最上外側点
- ・オルビターレ：眼窩下縁の最下点
- ・バジオン：大後頭孔前縁の中央点

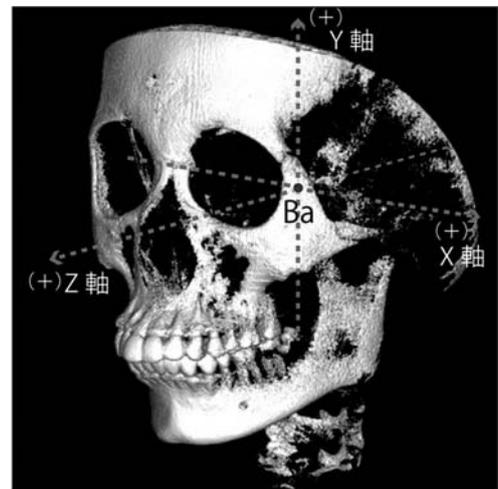
2) 基準平面と座標系（図1）

- ・フランクフルト平面：両側ポリオンと左側オルビターレの3点を通る平面
- ・正中矢状平面：両側オルビターレの midpoint とバジオンを通りフランクフルト平面に直交する平面
- ・前頭平面：バジオンを通りフランクフルト平面と正中矢状平面に直交する平面

座標系は、バジオンを原点に、X軸は左右方向、Y軸は上下方向、Z軸は前後方向として、フランクフルト平面をXZ平面、正中矢状平面をYZ平面、前頭平面をXY平面として、左方向、上方向、前方向をプラスとした。



A



B

図1 基準平面と座標系

- A ①左側オルビターレ；②右側オルビターレ；③バジオン；フランクフルト平面，両側ポリオンと左側オルビターレの3点を通る平面；正中矢状平面，両側オルビターレの midpoint とバジオンを通りフランクフルト平面に直交する平面；前頭平面，フランクフルト平面と正中矢状平面に直交する平面
- B 原点，Ba（バジオン）；X軸，左右方向；Y軸，上下方向；Z軸，前後方向。

左方向，上方向，前方向をプラスとした。

3) 計測点 (図2, 3)

- ・ 正中部歯槽頂点 (Alveolar bone 1, A1) : 正中矢状平面上で, 上顎骨唇側歯槽頂の最突出点
- ・ 正中部歯槽頂軟組織点 (Soft tissue 1, S1) : 正中矢状平面上で, 点 A1 を通り, フランクフルト平面に平行な直線が軟組織表面と交わる点
- ・ 犬歯部歯槽頂点 (Alveolar bone 2, A2) : 点 A1 を通りフランクフルト平面に平行な平面上で, 上顎犬歯唇側歯槽頂の最突出点
- ・ 犬歯部歯槽頂軟組織点 (Soft tissue 2, S2) : 点 A1 を通りフランクフルト平面に平行な平面上で, 点 A2 を通り正中矢状平面と45度で交わる直線が軟組織表面と交わる点

- ・ 正中部歯槽最深点 (Alveolar bone 3, A3) : 正中矢状平面上で, 上顎骨唇側歯槽表面の最深点
- ・ 正中部歯槽最深軟組織点 (Soft tissue 3, S3) : 正中矢状平面上で, 点 A3 を通り, フランクフルト平面に平行な直線が軟組織表面と交わる点
- ・ 犬歯部歯槽最深点 (Alveolar bone 4, A4) : 点 A3 を通りフランクフルト平面に平行な平面上で, 上顎犬歯唇側歯槽頂の最突出点
- ・ 犬歯部歯槽最深軟組織点 (Soft tissue 4, S4) : 点 A3 を通りフランクフルト平面に平行な平面上で, 点 A4 を通り正中矢状平面と45度で交わる直線が軟組織表面と交わる点

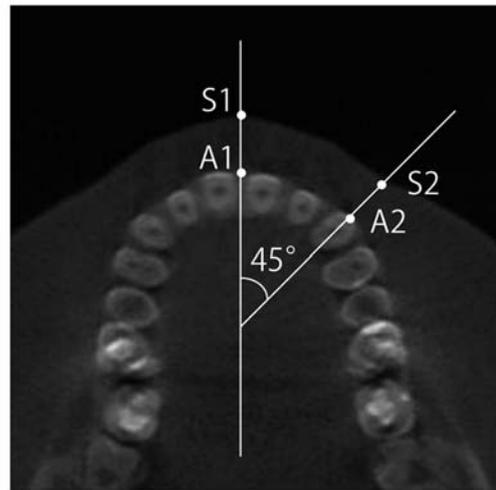
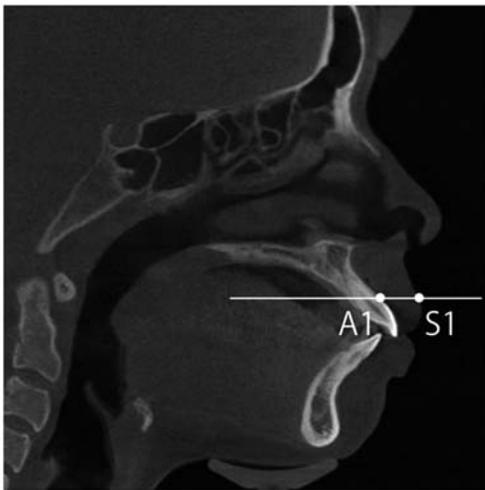


図2 計測点 (その1)

A1 : 正中部歯槽頂点, S1 : 正中部歯槽頂軟組織点,
A2 : 犬歯部歯槽頂点, S2 : 犬歯部歯槽頂軟組織点

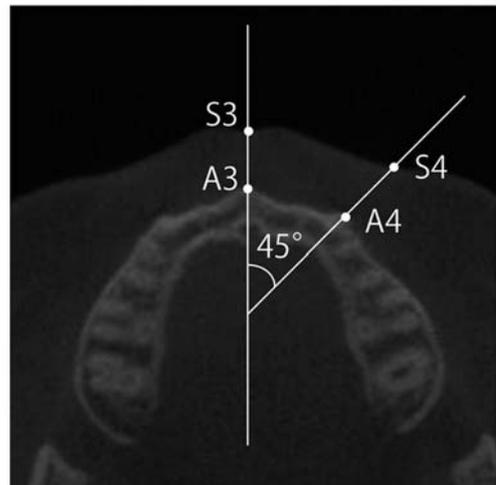
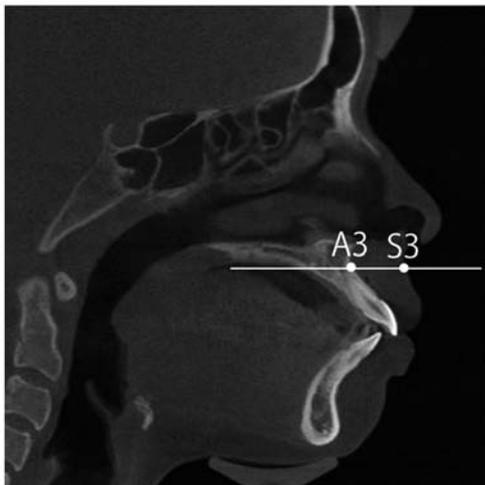


図3 計測点 (その2)

A3 : 正中部歯槽最深点, S3 : 正中部歯槽最深軟組織点,
A4 : 犬歯部歯槽最深点, S4 : 犬歯部歯槽最深軟組織点

4) 計測変量 (図4, 5)

- ・ 歯槽頂部歯槽傾斜角度：直線 A1A2 と正中矢状平面とのなす角度
- ・ 歯槽頂部軟組織傾斜角度：直線 S1S2 と正中矢状平面とのなす角度
- ・ 歯槽最深部歯槽傾斜角度：直線 A3A4 と正中矢状平面とのなす角度
- ・ 歯槽最深部軟組織傾斜角度：直線 S3S4 と正中矢状平面とのなす角度
- ・ 犬歯歯槽頂距離：A2 から正中矢状面までの最短距離
- ・ 犬歯歯槽最深距離：A4 から正中矢状面までの最短距離

短距離

4. 統計処理

検者内の信頼性については、すべての変量について、同一計測者が1日以上の間隔をおいて、無作為に選出した10名の被検者を対象に2回計測し、級内相関係数 (intraclass correlation coefficient) を求めることで検討した。

以下の計測変量間についての統計処理を行い、Spearman の順位相関係数を求めた。

- ・ 歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽最深部歯槽傾斜角度
- ・ 歯槽頂部軟組織傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角

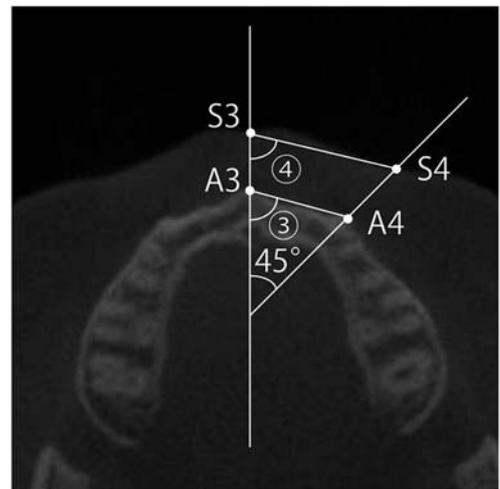
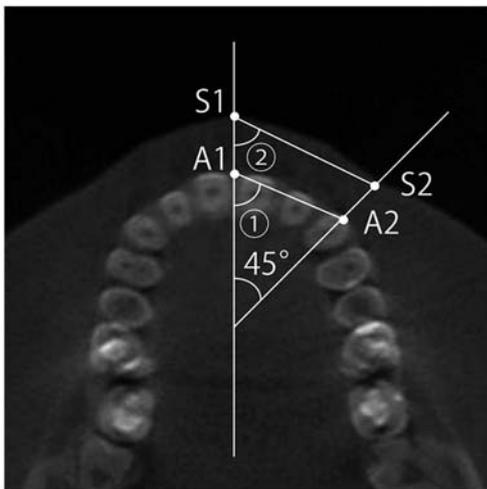


図4 計測変量 (その1)

①歯槽頂部歯槽傾斜角度, ②歯槽頂部軟組織傾斜角度, ③歯槽最深部歯槽傾斜角度, ④歯槽最深部軟組織傾斜角度

A1 : 正中部歯槽頂点, S1 : 正中部歯槽頂軟組織点, A2 : 犬歯部歯槽頂点, S2 : 犬歯部歯槽頂軟組織点, A3 : 正中部歯槽最深点, S3 : 正中部歯槽最深軟組織点, A4 : 犬歯部歯槽最深点, S4 : 犬歯部歯槽最深軟組織点)

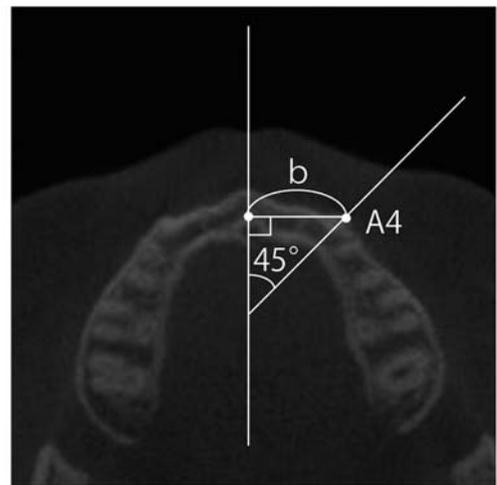
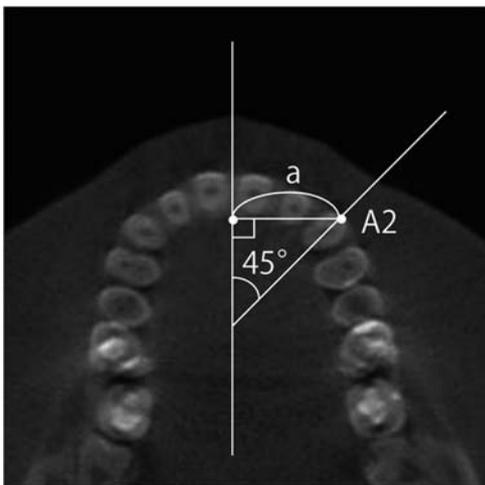


図5 計測変量 (その2)

a : 犬歯歯槽頂距離, A2 から正中矢状面までの最短距離; b : 犬歯歯槽最深距離, A4 から正中矢状面までの最短距離
A2 : 犬歯部歯槽頂点, A4 : 犬歯部歯槽最深点

度

- ・ 歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽頂部軟組織傾斜角度
- ・ 歯槽最深部歯槽傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度

- ・ 犬歯歯槽頂距離と歯槽頂部歯槽傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽頂距離と歯槽最深部歯槽傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽頂距離と歯槽頂部軟組織傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽頂距離と歯槽最深部軟組織傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽最深距離と歯槽頂部歯槽傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽最深距離と歯槽最深部歯槽傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽最深距離と歯槽頂部軟組織傾斜角度
- ・ 犬歯歯槽最深距離と歯槽最深部軟組織傾斜角度

なお、これらの算出には統計解析用ソフトウェア (SPSS14.0, IBM, NY, USA) を用い、有意水準 (P) は0.05以下を有意差ありとした。

結 果

計測の再現性について、各変量の級内相関係数は、歯槽頂部歯槽傾斜角度では0.99、歯槽最深部歯槽傾斜角度では0.99、歯槽頂部軟組織傾斜角度では0.98、歯槽最深部軟組織傾斜角度では0.99、犬歯歯槽頂距離では0.98、犬歯歯槽最深距離では0.99であり、検者内信頼性は良好であることが示された。各変量について求めた中央値および範囲（最小値、最大値）を表1に示す。

表1 各変量の中央値および範囲（最小値、最大値）

変量	中央値	最小値	最大値
歯槽頂部歯槽傾斜角度(deg.)	68.4	59.3	73.5
歯槽頂部軟組織傾斜角度	66.8	60.5	73.1
歯槽最深部歯槽傾斜角度	70.0	56.0	77.6
歯槽最深部軟組織傾斜角度	71.1	60.1	80.5
犬歯歯槽長距離(mm)	19.2	16.8	21.8
犬歯歯槽最深距離	15.6	10.1	19.9

歯槽頂部軟組織傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に有意の正の相関が認められた (図6)。歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽最深部歯槽傾斜角度との間には有意の相関は認められなかった。

歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽頂部軟組織傾斜角度との間、歯槽最深部歯槽傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に有意の正の相関が認められた (図7)。

犬歯歯槽頂距離と歯槽頂部歯槽傾斜角度との間、犬歯歯槽頂距離と歯槽最深部歯槽傾斜角度との間、犬歯歯槽頂距離と歯槽頂部軟組織傾斜角度との間、犬歯歯槽頂距離と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間、犬歯歯槽最深距離と歯槽頂部歯槽傾斜角度との間、犬歯歯槽最深距離と歯槽最深部歯槽傾斜角度との間、犬歯歯槽最深距離と歯槽頂部軟組織傾斜角度との間、犬歯歯槽最深距離と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に有意の相関が認められなかった。

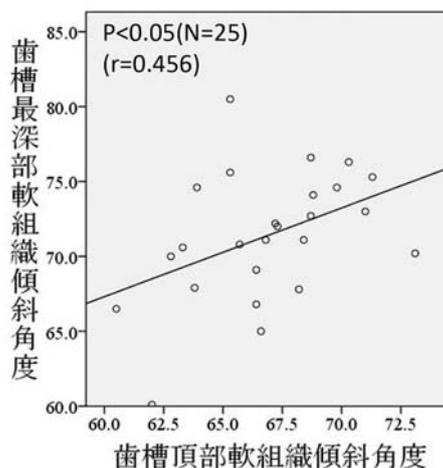


図6 歯槽頂部と歯槽最深部との間の相関

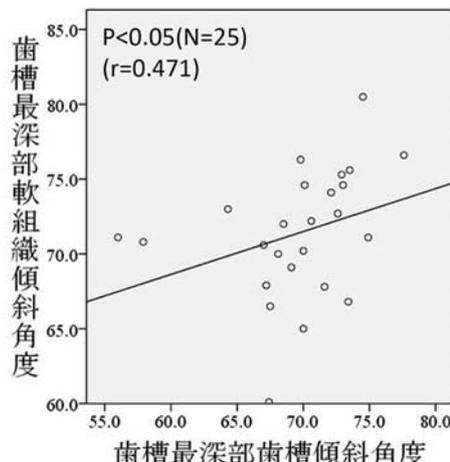
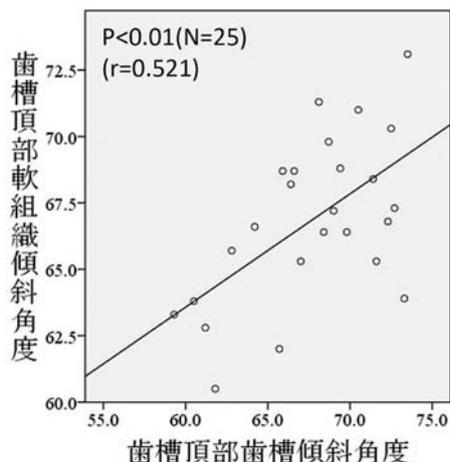


図7 歯槽傾斜角度と軟組織傾斜角度との間の相関

考 察

上下顎歯列弓形態については、口腔模型を用いて咬合面観で評価されてきた^{26,27)}。歯槽基底弓形態についても口腔模型上で歯槽部の歯肉の表面形状から類推することが多かった²⁸⁾。近年、CTの発達により、歯槽弓形態が直接観察できるようになった²⁹⁻³⁴⁾。しかし、それらの多くは、臼歯部の歯槽弓形態を調べたもので、前歯部歯槽弓の形態的特徴を把握したものは認められなかった。一方、顔軟組織については、従来、正面、側面、斜め45度の顔面写真によって二次元的に記録されてきた。三次元表面形状計測装置の発達により三次元計測も可能となったが、これらはいずれも、顔軟組織の表面形状を検討できるだけであった。顔軟組織表面形状と内部硬組織とを同時に記録できる方法としては、側面頭部X線規格写真が用いられてきた。近年、高解像度CTを用いることによって、側面頭部X線規格写真では行えなかった三次元分析が可能となったため、本研究では、正中矢状平面の歯槽頂部と歯槽最深部を通りフランクフルト平面に平行な断面上で、歯列弓・歯槽弓形態を観察し歯列弓・歯槽弓形態と顔軟組織の水平的傾斜角度を計測した。本研究のように、歯列弓・歯槽弓形態と顔軟組織形態に着目して計測した報告は過去に認められなかった。本方法は繰り返し計測した誤差も少なく、矯正歯科臨床において、歯列弓・歯槽弓形態と顔軟組織の形態を定量的に比較するために適した方法であると考えられる。

歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽最深部歯槽傾斜角度との間には有意の相関は認められなかったが、歯槽頂部軟組織傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に有意の正の相関が認められた。この結果から、軟組織は歯槽頂部と歯槽最深部で相関していたが、歯槽頂部と歯槽最深部での歯槽部の形態では相関がみられないことが明らかになった。これは、歯の萌出方向の違いによって、歯槽基底弓形態と歯列弓形態とは異なる場合があることに起因していると考えられる。

歯槽頂部歯槽傾斜角度と歯槽頂部軟組織傾斜角度との間に有意の正の相関が認められた。このことから、歯槽頂部付近では、上顎骨歯槽突起部形態が顔軟組織形態に影響を与えていると考えられた。本研究においては、上顎犬歯の最前方部からの形態を水平的傾斜角度で表して顔軟組織の水平的傾斜角度との間に相関があることを明らかにした。上顎犬歯部について歯槽形態と顔軟組織形態との関係を調べた報告²⁴⁾では、歯軸が45度前方へ傾斜するほど上顎骨唇側歯槽部が45度前方へ傾斜し、上顎骨唇側歯槽部が45度前方へ傾斜するほど、軟組織が45度前方へ傾斜するとされている。こ

の結果と本研究の結果より、犬歯が顔軟組織の形態と深くかかわっていることが示唆された。犬歯は前歯から臼歯へ移行する位置にあり、歯列を側方から観察すると、切歯の唇舌的傾斜角度（トルク）は臼歯の近遠心的傾斜角度（ティップ）に相当し、前方から観察すると、切歯のティップが臼歯のトルクに相当する。このトルクとティップの関係から考えると、矯正歯科臨床では、犬歯は前歯ではなく臼歯と同様に取り扱われている。すなわち、犬歯は切歯から臼歯へトルクとティップが入れかわる位置にあり歯列弓の形態を決定する重要な位置にあるといえる。犬歯間幅径は矯正歯科治療後の予後に関係しているとされている³⁵⁾。本研究での、切歯から犬歯までの歯列弓形態が顔軟組織の形態と関連しているという結果は軟組織形態を考慮した場合も犬歯の重要性を示唆している。

歯槽最深部歯槽傾斜角度と歯槽最深部軟組織傾斜角度との間に有意の正の相関が認められた。本研究で調べた歯槽最深部の水平的傾斜角度は、上顎骨歯槽の基底部に相当すると考えられるので、歯槽基底部でも軟組織が歯槽に影響されていることが示された。歯槽基底部は歯の形態と直接的には関連しない上顎骨形態を表すと考えられ、その形態と顔軟組織とが関連していたという結果から、上顎骨形態が軟組織形態に重要であることを示唆している。

犬歯歯槽頂距離、犬歯歯槽最深距離と歯槽部傾斜角度と軟組織傾斜角度との間には有意の相関は認められなかった。Ⅱ級1類不正咬合では正常咬合と比較して上顎大白歯間幅径が小さい^{13,14)}とされていることから、上下顎前突でも上顎犬歯間幅径が小さいことで切歯部が前突していると予測していた。しかし、本研究結果から、上下顎前突症例で犬歯間幅径が小さいほど、前方へ長い歯列弓になるという結果は得られなかった。この理由として、本研究では、被検者が、上下顎前突という前歯の前突を認める者に限られていたために、犬歯間幅径と軟組織の関連が相関として表れなかったと考えられる。

結 論

本研究により、上下顎前突が認められる患者では、顔軟組織について、歯槽頂部での水平的傾斜角度が大きくなるほど歯槽最深部での水平的傾斜角度が大きくなることが明らかになった。

また、歯槽頂部および歯槽最深部において、歯槽の水平的傾斜角度が大きくなるほど顔軟組織の水平的傾斜角度が大きくなることが明らかになった。一方、犬歯間幅径と顔軟組織形態との間には関連が認められなかった。

文 献

- 1) Proffit WR. Contemporary orthodontics, 3rd ed. St. Louis: Mosby Year Book Inc.; 2000: 2-16.
- 2) 本橋康助, 柏木宏之, 町田雅博, 土持正, 兼元美代子. E-lineを基準とする好まれる側貌に関する研究(第1報). 歯学. 1977; 64: 988-995.
- 3) Tan TJ. Profile changes following orthodontic correction of bimaxillary protrusion with a preadjusted edge-wise appliance. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1996; 11: 239-251.
- 4) Farkas LG and Cheung G. Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study. *Angle Orthod.* 1981; 51: 70-77.
- 5) 三島克章. 外鼻形態の三次元的計測・評価法の開発と唇裂鼻症例への応用. 阪大歯学誌. 1993; 38: 188-219.
- 6) 丸山陽市, 浜田浩志, 小林和英. 時分割式ステレオシステムによる顔面形態の立体認識. 日矯歯誌. 1994; 53: 584-590.
- 7) Kawai T, Natsume N, Shibata H and Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes. Part I. Method. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1990; 19: 356-358.
- 8) Ferrario VF, Sforza C, Serrao G and Ciusa VV. A direct in vivo measurement of the three-dimensional orientation of the occlusal plane and of the sagittal discrepancy of the jaws. *Clin Orthod Res.* 2000; 3: 15-22.
- 9) Aynechi N, Larson BE, Leon-Salazar V and Beiraghi S. Accuracy and precision of a 3 D anthropometric facial analysis with and without landmark labeling before image acquisition. *Angle Orthod.* 2011; 81: 245-252.
- 10) Popat H, Richmond S, Marshall D and Rosin PL. Facial movement in 3 dimensions: average templates of lip movement in adults. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011; 145: 24-29.
- 11) Lee RT. Arch width and form: a review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 115: 305-313.
- 12) Little RM. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: University of Washington studies. *Semin Orthod.* 1999; 5: 191-204.
- 13) Uysal T, Memili B, Usumez S and Sari Z. Dental and alveolar arch widths in normal occlusion, class II division 1 and class II division 2. *Angle Orthod.* 2005; 75: 941-947.
- 14) Nie Q and Lin J. A comparison of dental arch forms between Class II Division 1 and normal occlusion assessed by euclidean distance matrix analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 528-535.
- 15) Perkins RE, Blanton PL and Biggs NL. Electromyographic analysis of the "buccinator mechanism" in human beings. *J Dent Res.* 1977; 56: 783-794.
- 16) Dreiseidler T, Neugebauer J, Ritter L, Lingohr T, Rothamel D, Mischkowski RA and Zöller JE. Accuracy of a newly developed integrated system for dental implant planning. *Clin Oral Implants Res.* 2009; 20: 1191-1199.
- 17) Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D and Suetens P. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 105: 512-518.
- 18) Tyndall DA and Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dent Clin North Am.* 2008; 52: 825-841.
- 19) Almeida RC, Cevidanes LH, Carvalho FA, Motta AT, Almeida MA, Styner M, Turvey T, Proffit WR and Phillips C. Soft tissue response to mandibular advancement using 3 D CBCT scanning. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 40: 353-359.
- 20) Bianchi A, Muyltermans L, Di Martino M, Lancellotti L, Amadori S, Sarti A and Marchetti C. Facial soft tissue esthetic predictions: validation in craniomaxillofacial surgery with cone beam computed tomography data. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68: 1471-1479.
- 21) Kim YI, Kim JR and Park SB. Three-dimensional analysis of midfacial soft tissue changes according to maxillary superior movement after horizontal osteotomy of the maxilla. *J Craniofac Surg.* 2010; 21: 1587-1590.
- 22) Braut V, Bornstein MM, Lauber R and Buser D. Bone dimensions in the posterior mandible: a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. Part 1 — analysis of dentate sites. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012; 32: 175-184.
- 23) Corbridge JK, Campbell PM, Taylor R, Ceen RF and Buschang PH. Transverse dentoalveolar changes after slow maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140: 317-325.
- 24) 西島貴之, 南 哲至, 川端淳司, 黒柳ふみ, 勝又明敏, 北井則行. 上下顎前突症における上顎前歯部の歯槽形態と顔軟組織形態との関係. 岐歯学誌. 2013; 40: 1-12.
- 25) 南 哲至, 川端淳司, 西島貴之, 向井陽祐, 北井則行. 上顎前歯部の歯槽形態と顔軟組織形態との関係. 岐歯学誌. 2011; 38: 75-84.
- 26) Fujita K, Takada K, QianRong G and Shibata T. Patterning of human dental arch wire blanks using a vector quantization algorithm. *Angle Orthod.* 2002; 72: 285-294.
- 27) Ronay V, Miner RM, Will LA and Arai K. Mandibular

- arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 430-438.
- 28) Gupta D, Miner RM, Arai K and Will LA. Comparison of the mandibular dental and basal arch forms in adults and children with Class I and Class II malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138: 10e1-e8.
- 29) 小田佳朗, 高田健治, 作田 守. 下顎歯槽基底部形態および下顎歯の配列のスプライン関数による表現. 日矯歯誌. 1987; 46: 751-758.
- 30) Kasai K, Moro T, Kanazawa E and Iwasawa T. Relationship between cranial base and maxillofacial morphology. *Eur J Orthod.* 1995; 17: 403-410.
- 31) Fuhrmann RA, Wehrbein H, Langen HJ and Diedrich PR. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1995; 24: 50-54.
- 32) Fuhrmann R. Three-dimensional interpretation of labiolingual bone width of the lower incisors. Part II. *J Orofac Orthop.* 1996; 57: 168-185.
- 33) 岡田紀子, 葛西一貴. CTによる下顎歯植立状態と顎顔面形態との関連性について. 日大口腔科学. 1996; 22: 381-392.
- 34) 川村 全, 金澤英作, 葛西一貴. コンピュータ断層写真による下顎歯の植立状態と下顎骨形態との関連性について. *Orthod Waves.* 1998; 57: 299-306.
- 35) Burke SP, Silveira AM, Goldsmith LJ, Yancey JM, Van Stewart A and Scarfe WC. A meta-analysis of mandibular intercanine width in treatment and postretention. *Angle Orthod.* 1998; 68: 53-60.
-