

歯科用コーンビーム CT を用いた矯正歯科治療前後の舌位に関する
研究

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻

和氣 清尊

(指導：本吉 満 教授，内田 靖紀 専任講師)

要旨

目的：歯科用コーンビーム CT (CBCT) と側面セファログラム (Cep) を用いて矯正歯科治療 (矯正治療) 前後の舌位の評価を行い、前歯の後退量との相関について比較検討した。

方法：治療前 (T1), 治療後 (T2) の Cep と CBCT を撮影した患者で、矯正治療に際して小臼歯抜歯を伴う 17 名, 抜歯を伴わない 5 名を対象とし、CBCT 画像上で舌体長 (舌骨体上縁から舌尖の距離), 舌背高 (舌骨体上縁から舌尖を結んだ線から舌背までの垂直距離の最大値), PNS-舌骨間距離 (口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの距離) および、舌背-口蓋間距離 (TPD) 等を計測した。TPD は、上顎側切歯-犬歯間の中央相当部を TPD I, 上顎第 1 または第 2 小臼歯-第 1 大臼歯間中央相当部 (非抜歯症例は上顎第 1 小臼歯-第 1 大臼歯間中央相当部) を TPD II, 上顎第 1-第 2 大臼歯間中央相当部を TPD III, 上顎第 2 大臼歯後方相当部を TPD IV とした。Cep 画像上で ANB, FMA, Palatal to mandibular 等を計測し、舌位との相関を比較検討した。

結果：Cep 計測値の比較では、U1 to NA, L1 to NB は術前に比較して術後は有意に小さくなり ($p < 0.01$) , 術後に前歯が舌側へ移動したことを示した。Cep 計測値と矢状断 CBCT 計測値の相関は、ANB (T1) と舌背高 (T2) との間に負の相関 ($p < 0.01$) を示し、術前に上顎前突傾向であると術後に舌背高が低位となった。Cep 計測値と前頭断 CBCT 計測値の相関は、Palatal to mandibular (T1) と TPD I (T2-T1) との間に負の相関 ($p < 0.05$) を認めた。また、前歯の後退量と

CBCT 計測値の相関は、L1 to NB (T2-T1) と、舌体長 (T2-T1) と PNS-舌骨間距離 (T2-T1) との間に負の相関 ($p < 0.05$) を示し、下顎前歯の舌側への後退量が大きいと、術後舌体長は大きくなり、舌骨は後下方に下がった。ただし、舌体長の術前後の差の平均は負の値を取り、ほとんどの症例で舌体長は術後小さくなった。また、U1 to NA (T2-T1) と TPD I (T2) との間に正の相関 ($p < 0.05$) を認め、上顎前歯の舌側への後退量が大きいと、術後舌前方部は口蓋に近接した。しかし TPD II, TPD III, TPD IV については前歯の移動量との相関は認められなかった。

結論：下顎前歯の舌側への後退量が著しく大きいと、舌骨は後下方へと移動する傾向が認められた。術前に上顎に対する下顎の開大度が大きいと、舌前方部は口蓋に近接した。しかしながら、上下顎前歯の舌側への後退量と小臼歯から大臼歯部の低位舌との相関は認められなかった。

キーワード：歯科用コーンビーム CT, 側面セファログラム, 舌位, 口蓋, 舌骨

Abstract

Purpose: This study aimed to evaluate tongue positions before and after orthodontic treatment using dental cone beam CT (CBCT) and lateral cephalogram (Cep), and the correlation between tongue position and the amount of retraction of anterior teeth.

Methods: In total 22 subjects consisted of 17 patients with premolar extraction and 5 patients with non-extraction who underwent Cep and CBCT imaging at pre-treatment (T1) and post-treatment (T2). TGL (Tongue Length: distance from hyoid bone to tip of tongue), TGH (Tongue Height: maximum vertical distance from TGL to tongue dorsum), PNS-hyoid distance (distance from PNS to hyoid bone) and TPD (Tongue-Palate Distance: distance from tongue dorsum to palate) on CBCT, and on Cep such as ANB, FMA, Palatal to mandibular were measured. TPD was classified into TPD I in middle between maxillary lateral incisors and canines, TPD II in middle between first or second premolars of maxillary and first molars (in non-extracted cases, middle between first premolars and first molars), TPD III in middle of first and second molars of maxillary and TPD IV in posterior part of second molars of maxillary. Correlations among them were calculated.

Results: U1 to NA and L1 to NB in T2 were significantly small ($p < 0.01$), indicating that anterior teeth were moved to lingual side. Correlation between Cep and CBCT on sagittal section, indicated negative correlation ($p < 0.01$) between ANB (T1) and TGH (T2). On frontal CBCT section indicated a negative correlation between Palatal to

mandibular (T1) and TPD I (T2-T1, $p < 0.05$). L1 to NB (T2-T1) showed negative correlations with TGL and PNS-hyoid distance (T2-T1, $p < 0.05$), respectively, the larger mandibular incisors move to lingual side, the lower hyoid bone locate, and the larger TGL. However, in most cases the TGL decreased at T2. The amount of retraction of maxillary incisors showed a positive correlation with TPD I (T2, $p < 0.05$). However, TPD II, TPD III and TPD IV had no correlation with the amount of retraction of anterior teeth.

Conclusions: Larger the amount of retraction of mandibular incisors excessively, hyoid bone tended to be pushed downward. The larger the mandibular angle relative to the palatal plane became, the more anterior part of tongue showed a tendency to proximity to the palate. However, there was no correlation between the amount of retraction of incisors and the low tongue in the area from premolars to molars.

Keywords: cone-beam computed tomography (CBCT), lateral cephalogram, tongue position, palate, hyoid bone

緒 言

矯正歯科治療（矯正治療）において、保定装置の使用状況や適合が良好であるにもかかわらず、咬合状態が悪化する症例を経験することがある。咬合安定の一要因として舌の関与が指摘されており¹⁻³⁾、また Liégeois ら⁴⁾は、舌の形態、位置、可動域が歯列弓形態と咬合に関連していることを報告している。矯正治療により咬合状態が改善しても舌機能に異常が残る場合には、これが不安定要素として影響し、良好な咬合状態の維持を妨げているのではないかと考えられる。

一方、舌骨は他の骨と関節を構成しておらず、上方と下方に筋が付着する。すなわち、舌骨は下顎骨に付着する筋や舌筋に影響を受けており、舌位に関与していると考えられている⁵⁾。Kan ら⁶⁾は、繰り返し後戻りを生じる症例では、舌そのものの大きさによる影響だけでなく、口蓋に対する舌尖、舌背および舌根部の近接状況や舌骨の位置が、舌位との間に関連性を有していると報告している。

また Chen ら⁷⁾は、骨格性上顎前突症の患者が、骨格に異常の無い患者と比べ舌位と舌骨の位置が低位であったことから、舌位は骨格の影響を受けるとしている。さらに Sharma ら⁸⁾は、上下顎前突症患者を対象とし、側面セファログラム（Cep）画像を用いて評価を行った結果、小臼歯抜歯を試みた矯正治療によって前歯を後退させると、舌骨が後下方向に移動し、咽頭気道が狭くなる傾向が

あることを示した。すなわち、抜歯症例における前歯の舌側への後退は、舌位や舌骨の位置や気道の狭窄へも影響していたと結論付けている。このように、舌位や舌骨の位置は気道にも影響しており、咬合の安定だけでなく、呼吸に対しても影響を及ぼす要因となると考えられている。この観点から舌を三次元的に観察することが可能である歯科用コーンビーム CT (CBCT) を用いて矯正治療前後の舌位の変化について評価することで、術後の不適切な舌の位置づけによる後戻りや咬合状態の悪化を予測できると考えた。

そこで本研究は、CBCT 画像を用いて矯正治療前後における舌と口蓋の近接状況、舌の長さや高さ、舌骨の位置の変化を評価し、Cep 画像から得た前歯の舌側への移動量との関係性について比較検討することを目的とした。

材料および方法

1. 対象

2011 年 7 月から 2023 年 12 月までに、日本大学歯学部附属歯科病院歯科矯正科に矯正治療を目的として受診した永久歯列期の患者のうち、顎矯正手術を伴う矯正治療が必要な患者を除外し、以前に矯正治療を受けた既往がなく、矯正治療開始前 (T1) および治療後 (T2) に Cep と CBCT を撮影した患者を対象とした。対象から得られた CBCT 画像と Cep 画像を資料とした。本研究資料の Cep 画像と CBCT 画像は矯正治療の診断を目的として撮影されたものである。

本研究は、日本大学歯学部倫理委員会の承認を得ており（倫理許可番号：EP23D005）、研究参加の前に対象としたすべての被験者に対して十分な説明を行い、同意を得たうえで行われた。

2. 撮影条件

1) Cep 画像

Cep の撮影は、被写体の頭部の固定にイヤードを用い、フランクフルト平面（眼耳平面）と床面とを平行にして、パノラマ・セファロ X 線撮影装置（Veraviewepocs：モリタ、京都）を用いて、管電圧 70～76 kV、管電流 6～8 mA、照射時間 2.2 s の条件で行った。

2) CBCT 画像

CBCT の撮影は、頭部用 X 線 CT 装置（3D Accuitomo：モリタ）を用いて、管電圧 80～90 kV、管電流 5.5～8.0 mA、ボクセルサイズ $0.125 \times 0.125 \times 0.125$ または $0.160 \times 0.160 \times 0.160 \text{ mm}^3$ の条件で行った。

3. 計測項目

1) Cep 上の計測項目

得られた Cep 画像をトレースし、以下の項目について計測を行った（図 1）。

(1) ANB (°)

(2) FMA (°) (Frankfort-mandibular plane angle)

(3) Palatal to mandibular (°) (Palatal plane to mandibular plane angle)

(4) U1 to NA (mm)

(5) L1 to NB (mm)

2) CBCT 画像上の計測項目

CBCT 画像上の各項目の計測は、三次元画像ビューワー (One Volume Viewer, ver. 2.855.635.4543 : モリタ) 上の計測機能を使用して 1 名の術者が行った。CBCT 画像上での計測部位の位置づけの条件は、矢状断では水平方向のカーソルが ANS-PNS と (図 2A)、水平断では垂直方向のカーソルが正中口蓋縫合と (図 2B)、前頭断では水平方向のカーソルが咬合平面と平行となるように固定した (図 2C)。

矢状断画像 (図 3) では、以下の (1) から (4) の計測を行った。

(1) PNS-舌骨間距離 (PNS to HU : Posterior Nasal Spine to Hyoid body

Upper edge) : 口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの直線距離

(2) B-舌骨間距離 (B to HU : B point to Hyoid body Upper edge) : B 点

から舌骨体上縁までの直線距離

(3) 舌体長 (TGL : Tongue Length) : 舌骨体上縁 (HU : Hyoid body Upper

edge) から舌尖 (TT : Tip of Tongue) までの直線距離

(4) 舌背高 (TGH : Tongue Height) : 舌骨体上縁から舌尖を結んだ線か

ら舌背 (TD : Tongue Dorsum) までの垂直距離の最大値

前頭断画像 (図 4A と B) では、舌背-口蓋間距離 (TPD : Tongue-Palate

Distance) を以下の 4 つの位置においてそれぞれ計測した。

(I) 上顎側切歯－犬歯間中央相当部：TPD I

(II) 上顎第 1 または第 2 小臼歯－第 1 大臼歯間中央相当部：TPD II

(※ただし、非抜歯症例は上顎第 1 小臼歯－第 1 大臼歯間中央相当部を計測)

(III) 上顎第 1 大臼歯－第 2 大臼歯間中央相当部：TPD III

(IV) 上顎第 2 大臼歯後方相当部：TPD IV

すべての計測項目の T1, T2 および矯正治療前後の変化量 (T2-T1) について、それぞれ 3 回ずつ計測を行い、その平均値を計測値とした。

4. 統計処理

統計分析は、SPSS ソフトウェア (ver.23.0 : IBM SPSS Statistic, 東京) を用いて行った。各計測値において Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定を行った。正規性を確認した後、対応のある t 検定を行った。また、Cep 画像上の計測項目と CBCT 画像上で計測された各計測項目との間の関係性について、計測されたデータ間の相関関係を Pearson の積率相関係数を用いて分析した。なお、統計学的な有意水準は 5% とした。

結 果

本研究における選択基準によって選択された資料 (22 名) の内分けは、男性

8名，女性14名，初診時年齢 21.8 ± 7.4 歳，Min 11 歳，Max 46 歳であった。また，抜歯症例17例，非抜歯症例5例で，非抜歯症例のうち，2例は歯科矯正用アンカースクリュー（アンカースクリュー）で下顎歯列の遠心移動を行った症例であった。

Cep 画像上の計測結果を表1に，矢状断と前頭断の CBCT 画像上の計測結果を表2と表3にそれぞれ示す。また，Cep 画像上と CBCT 画像上の各計測値の相関関係を表4と表5に示す。

1. Cep 上の分析項目の計測値の術前後の比較

ANB，FMA および Palatal to mandibular の術前後の変化量（T2-T1）の平均値は，それぞれ $0.1 \pm 1.2^\circ$ ， $0.8 \pm 1.9^\circ$ ， $0.1 \pm 1.9^\circ$ であり，術前後に有意差は認められなかった（表1）。

しかし，U1 to NA と L1 to NB の術前後の変化量（T2-T1）の平均値は，それぞれ -3.8 ± 3.5 mm と -3.8 ± 3.0 mm であり，術前に比較して術後に有意差が認められた（ $p < 0.01$ ）。

2. CBCT 画像上の各計測項目の術前後の比較

PNS to HU と B to HU の術前後の変化量（T2-T1）の平均値は， 1.45 ± 3.84 mm と -0.08 ± 4.74 mm であり，術前後に有意差は認められなかった（表2）。また，TGL と TGH の術前後の変化量（T2-T1）の平均値は， -1.53 ± 4.72 mm と -0.13 ± 4.71 mm であり，術前後に有意差は認められなかった（表2）。

また，TPD I，TPD II，TPD III および TPD IV の術前後の変化量（T2-T1）の

平均値は、それぞれ 0.36 ± 3.75 mm, -0.46 ± 7.45 mm, -0.07 ± 5.87 mm, および 0.04 ± 4.64 mm であり、いずれも術前後に有意差は認められなかった (表 3)。

3. Cep 計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

ANB (T1) と TGL (T2) の相関係数は、0.430 であり、有意な正の相関 ($p < 0.05$) を示した (表 4, 図 5A)。また、ANB (T1) と TGH (T2) の相関係数は、-0.606 であり、有意な負の相関 ($p < 0.01$) を示した (表 4, 図 5B)。

4. Cep 計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

Palatal to mandibular (T1) と TPD I (T2-T1) の相関係数は、-0.449 であり、有意な負の相関 ($p < 0.05$) を認めた (表 5, 図 6A)。

5. 上下顎前歯部の後退量と CBCT 画像上の各計測値間の相関関係

L1 to NB (T2-T1) と、PNS to HU (T2-T1) との相関係数は-0.435, L1 to NB (T2-T1) と TGL (T2-T1) との相関係数は-0.425 であり、有意な負の相関 ($p < 0.05$) を示した (表 4, 図 5C と D)。なお、被験者 22 名のうち 2 名は、2 S.D. 以上の値で舌骨が後下方に移動していた (図 5D)。

U1 to NA (T2-T1) と、TPD I (T2) の相関係数は 0.447 であり、有意な正の相関 ($p < 0.05$) を認めた (表 5, 図 6B)。

考 察

Jiang ら⁹⁾や Kim ら¹⁰⁾の研究など、CBCT 画像を用いて舌位、舌骨の位置、気道の大きさを三次元的に評価している研究は散見されるものの、前歯の舌側へ

の移動量と矯正治療前後の舌位や、舌骨の位置の相関について CBCT 画像を用いて詳細に検討している報告はこれまでにない。そこで、本研究では Cep 画像と CBCT 画像を用い、矯正治療前後において、上下顎前歯の舌側への移動量の違いにより舌位や舌骨の位置がどのように変化するかについて比較検討した。

1. Cep 上の分析項目の計測値と術前後の比較

表 1 に示すように、ANB, FMA, Palatal to mandibular の術前後の変化は軽微であり、矯正治療前後において顎骨に大きな変化は認められなかったと考えられたが、上下顎前歯は舌側へ有意に移動した結果 ($p < 0.05$) を示した。被験者全体において小臼歯抜歯を伴う矯正治療を行った被験者が 22 名中 17 名と多数であり、そのために上下顎前歯は舌側へと有意に移動したと考えられた。

2. CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

Bhatia ら¹¹⁾は、抜歯群では前歯の舌側への移動により舌が後方に移動することが推察されたとしているが、本研究においては、表 2 に示すように、T1 と T2 の間に舌骨の位置や、舌の高さや長さに関するすべての項目で有意な変化は認められず、Bhatia ら¹¹⁾とは異なる結果を示した。この理由として、彼らの研究では前歯の舌側移動量が、上顎前歯で 7.75 mm、下顎前歯で 7.15 mm であったのに対して、本研究では 3.8 mm (表 1) であったことから、約 2 倍大きかったことに起因したものと考えられた。

3. Cep 計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

表 4 に示すように、ANB (T1) と TGL (T2) との間に有意な負の相関 ($p < 0.05$)

(相関係数：0.430)を示し、上顎前突傾向であるほど、術後の TGL は大きくなった。また、ANB (T1) と TGL (T1) との間には有意な相関は認められなかったものの、ANB (T1) と TGL (T2) の相関と同様の傾向 (相関係数：0.394) を示した。これは上顎前突傾向があると、上顎骨が前方に位置するため、舌が長いという形態的特徴を示したのではないかと考えられた (図 5A)。

Guo ら¹²⁾は、骨格型 I 級の患者では、小臼歯抜歯を伴う矯正治療により舌骨の後方移動を引き起こす傾向が認められる一方、ハイアングル傾向の骨格型 II 級の抜歯症例の患者では、中咽頭のサイズや舌骨の位置に影響を及ぼすことはなかったと報告している。本研究では、表 4 に示すように、ANB (T1) と TGH (T2) との間に負の相関 ($p < 0.01$) (相関係数：-0.606) を示した。また、ANB (T1) と TGH (T2-T1) との間に有意な相関は認められなかったが、ANB (T1) と TGH (T2) との相関と同様の傾向 (相関係数：-0.377) が認められたため、上顎前突傾向であるほど、術後の舌背高が低位となる傾向を認めたものと考えられた (図 5B)。

このことに関して、Guo ら¹²⁾は歯列弓が狭い骨格型 II 級の患者に対して歯列弓拡大を行ったとしており、これによって舌のスペースが水平的に確保されたために、前歯の舌側移動によって口腔内の舌のスペースが減少し難くかったためではないかと考えられた。したがって、歯列弓拡大を行っていない本研究においては、Guo ら¹²⁾の報告と異なり、前歯の後退に伴い舌は前後的なスペースが失われたことで、低位舌になったものと考えられた。

4. Cep 計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

表 5 に示すように、上顎に対する下顎の開大度 (Palatal to mandibular) が大きいものほど、術後に犬歯相当部の舌の舌背-口蓋間距離 (TPD I) が小さくなる傾向 ($p < 0.05$) を示した (図 6A)。上顎に対する下顎の開大度が大きいものは開咬の傾向を示し、舌を前方へ突出する傾向がある¹³⁾ため、前歯の後方への移動に伴い、舌前方部と口蓋との距離が小さくなる結果を示したものと考えられた。

5. 上下顎前歯部の舌側への後退量と CBCT 画像上の計測値との相関関係

TGL の T2-T1 は -1.53 ± 4.72 mm で負の値を取り (表 2)、多くの症例で術後に TGL は小さくなり、さらに PNS to HU や B to HU の術前後の変化は軽微であったため、舌骨の位置は後下方へと変化していないことが考えられた。しかしながら、L1 to NB (T2-T1) と、TGL (T2-T1) と PNS to HU (T2-T1) との間に有意な負の相関 ($p < 0.05$) を示したことから、下顎前歯の舌側への後退量が著しく大きい症例であると、術後の TGL は大きくなり、舌骨は後下方に移動する傾向を示した (図 5C および D) と考えられた。

これは Guo ら¹²⁾の報告を支持する結果となり、下顎前歯の後退量が大きいことによる、舌の後方への押し込みが要因となっていると考えられた。また、舌骨の位置が後下方に変化した要因として、舌骨を挙上する舌骨上筋群の筋力の低下が考えられ、口腔筋機能療法によって舌に関与する筋肉のトレーニングを行う必要があると考えられた。したがって今後の研究において矯正治療前後の舌

圧などの舌に関与する筋力の測定を行い、舌に関する筋力が矯正治療に与える影響について検討する必要があると考えられた。

また、22名中2名の舌骨が後下方に顕著に移動し、これらの被験者は術後、FMAの開大が認められ、また、保定期間中に開咬の傾向を示した。そのうちの1症例は上下顎劣成長の傾向を示していた。治療中にFMAが開大したり、術前に上下顎劣成長を示したりした場合、舌骨が後下方に移動する可能性が考えられるが、今後さらに資料数を増やしFMAの開大と舌骨の位置の相関について、検討を重ねる必要があると考えられた。

一方、上顎前歯の舌側への後退量が大きいほど、術後の犬歯相当部の舌は口蓋に近接する傾向を示し（表5，図6B），これは、上顎前歯の後方への移動によって舌のスペースが失われていくことで、舌の前方部が口蓋に近接する傾向を示したものと考えられた。しかしながら、小白歯部から大白歯部にかけての舌背－口蓋間距離と、上下顎前歯部の舌側への後退量との相関は認められず、舌中央から後方部の低位舌との相関は認められなかった（表5）。したがって、TPD II，TPD III，TPD IVは、矯正治療の影響をほとんど受けないものと考えられた。

矯正治療においては、正常な咬合を構築する目的で小白歯抜歯を伴う治療を選択することが多い。特に、上顎前突傾向やハイアングル傾向の症例において、大白歯に最大の固定を適用する場合、アンカースクリューを用いた治療計画を立案することも少なくない。これについて、Liangら¹⁴⁾は、上顎前突の患者に

対して上顎歯槽部のアンカースクリューを用いた場合、上顎大臼歯の圧下により、下顎骨の反時計回りの回転が起こると報告している。また LaBanc ら¹⁵⁾は、下顎骨の前方への移動によって下顎骨に付着している舌骨上筋群である顎舌骨筋や顎二腹筋などが前上方に引き上げられ、舌骨は前上方に移動することを示している。加えて、Shi ら¹⁶⁾は、下顎を反時計回りに回転させることにより、上気道は拡大すると結論付けている。

したがって、上顎前突傾向やハイアングル傾向の症例において、抜歯を伴う矯正治療を行う場合、アンカースクリューを用いた矯正治療によって下顎骨に反時計回りのメカニクスを適用することで、低位舌や舌骨の後下方への移動の抑止に寄与できる可能性が考えられる。ところが、一方でアンカースクリューを用いることによって過度な前歯の舌側移動が生じる可能性もあるため、治療前の診断時に前歯の移動量を十分に検討する必要があると考えられた。

本研究では、資料に治療開始前および治療終了時の CBCT 画像を含むため、これを満たす被験者数が少なく十分なデータを収集できなかった。また、被験者数が十分でないために抜歯群と非抜歯群の比較や年齢による比較、性差についての検討を行えなかった。さらに、本研究では、舌の静的な状態について計測を行ったが、舌の動態まで考慮しなかった。今後は、より詳細な比較検討を遂行できるよう被験者数を追加して検討することが課題である。

結 論

本研究では、本学附属歯科病院歯科矯正科を受診した患者 22 名を対象とし、矯正治療前後の側面セファログラムと歯科用コーンビーム CT を用いて、前歯の舌側への移動量の違いが舌位や舌骨の位置にどのように影響するか比較、検討を行い、以下の結論が得られた。

1. 下顎前歯の舌側への移動量が著しく大きいと、舌骨は後下方へと移動する傾向が認められた。
2. 上顎に対する下顎の開大度が大きいと、術後に舌前方部は口蓋に近接する傾向が認められた。
3. 上下顎前歯の舌側への移動量と小臼歯から大臼歯部での低位舌との相関は認められなかった。

本研究遂行にあたり、格別なるご指導とご鞭撻を賜りました日本大学歯学部歯科矯正学講座の本吉 満 教授、内田 靖紀 専任講師ならびに同講座の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 1) Brodie AG (1952) Considerations of musculature in diagnosis, treatment and retention. *Am J Orthod* 38, 823-835.
- 2) Brodie AG (1954) The fourth dimension in orthodontia. *Angle Orthod* 24, 15-30.
- 3) Weinstein S, Donald C, Lightle Y, Bruce B, Hugh E (1963) On an equilibrium theory of tooth position. *Angle Orthod* 33, 1-26.
- 4) Liégeois F, Albert A, Limme M (2009) Comparison between tongue volume from magnetic resonance images and tongue area from profile cephalograms. *Eur J Orthod* 32, 381-386.
- 5) 脇田 稔, 井出吉信 (2018) 口腔解剖学. 2 版, 医歯薬出版, 東京, 117, 177-178.
- 6) Kan SG, Kawamoto T (2004) Effect of position of the hyoid bone relative to the oral cavity on occlusion and skeletal patterns. *J Osaka Dent Univ* 38, 73-81.
- 7) Chen W, Mou H, Qian Y, Qian L (2021) Evaluation of the position and morphology of tongue and hyoid bone in skeletal class II malocclusion based on cone beam computed tomography. *BMC Oral Health* 21, 475.
- 8) Sharma K, Shrivastav S, Sharma N, Hotwani K, Murrell MD (2014) Effects of first premolar extraction on airway dimensions in young adolescents. *Contemp Clin Dent* 5, 190-194.
- 9) Jiang YY (2016) Correlation between hyoid bone position and airway

dimensions in Chinese adolescents by cone beam computed tomography analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 45, 914-921.

10) Kim SH, Choi SK (2020) Changes in the hyoid bone, tongue, and oropharyngeal airway space after mandibular setback surgery evaluated by cone-beam computed tomography. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 42, 27.

11) Bhatia S, Jayan B, Chopra SS (2016) Effect of retraction of anterior teeth on pharyngeal airway and hyoid bone position in Class I bimaxillary dentoalveolar protrusion. *Med J Armed Forces India* 72, s17-s23.

12) Guo R, Wang S, Zhang L, Li L, Yu Q, Huang Y, Li W (2022) Oropharynx and hyoid bone changes in female extraction patients with distinct sagittal and vertical skeletal patterns: a retrospective study. *Head Face Med* 18, 31.

13) 堀内彬代, 飯塚美穂, 茂木悦子, 大久保真衣, 齋藤晶子, 高田 彩, 飯島由貴, 野村真弓, 末石研二 (2015) 開咬における安静時舌位の超音波診断装置を用いた客観的評価. *歯科学報* 115, 393-399.

14) Liang W, Tang Y, Huang WB, Han B, Lin JX (2022) Efficacy of vertical control by using mini-implant anchorage in maxillary posterior buccal area for Angle class II extraction patients. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 54, 340-345.
(in chinese)

15) LaBanc JP, Epker BN (1984) Changes of the hyoid bone and tongue following advancement of the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 57, 351-356.

16) Shi X, Chen H, Lobbezoo F, Berkhout E, de Lange J, Guo J, Aarab G (2021)

Effects of miniscrew-assisted orthodontic treatment with premolar extractions on upper airway dimensions in adult patients with class II high-angle malocclusion.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 159, 724-732.

図表の説明

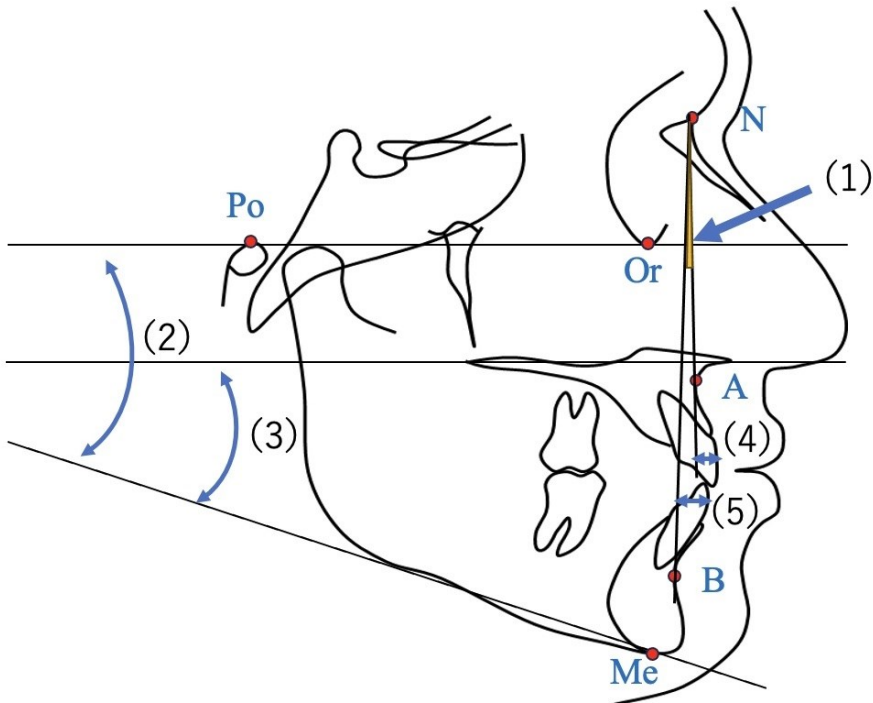


図1 側面セファログラム上の計測項目

(1) ANB : 直線 NA (Nasion と A 点を結ぶ線) と直線 NB (Nasion と B 点を結ぶ線) がなす角度, (2) FMA : フランクフルト平面と下顎下縁平面のなす角度, (3) Palatal to mandibular : 口蓋平面と下顎下縁平面のなす角度, (4) U1 to NA : 直線 NA (Nasion と A 点を結ぶ線) と上顎中切歯 (U1) の最外側との距離, (5) L1 to NB : 直線 NB (Nasion と B 点を結ぶ線) と下顎中切歯 (L1) の最外側との距離。

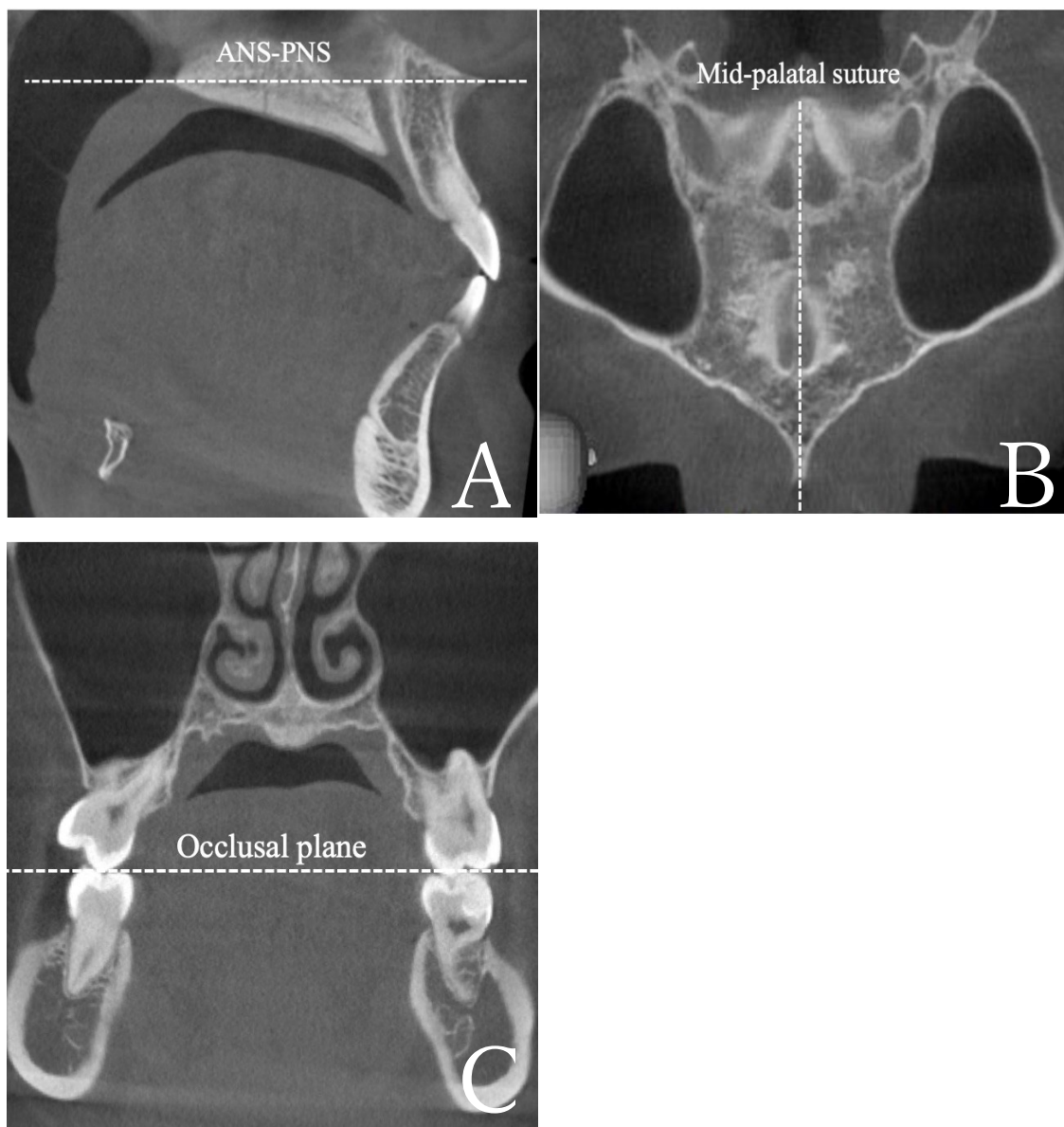


図2 CBCT 画像上での計測部位の位置づけ

矢状断では水平方向のカーソルが ANS-PNS と平行となるように (図 2A) ,
水平断では垂直方向のカーソルが正中口蓋縫合と平行となるように (図 2B) ,
前頭断では水平方向のカーソルが咬合平面と平行となるように (図 2C) 計測
部位を固定した。

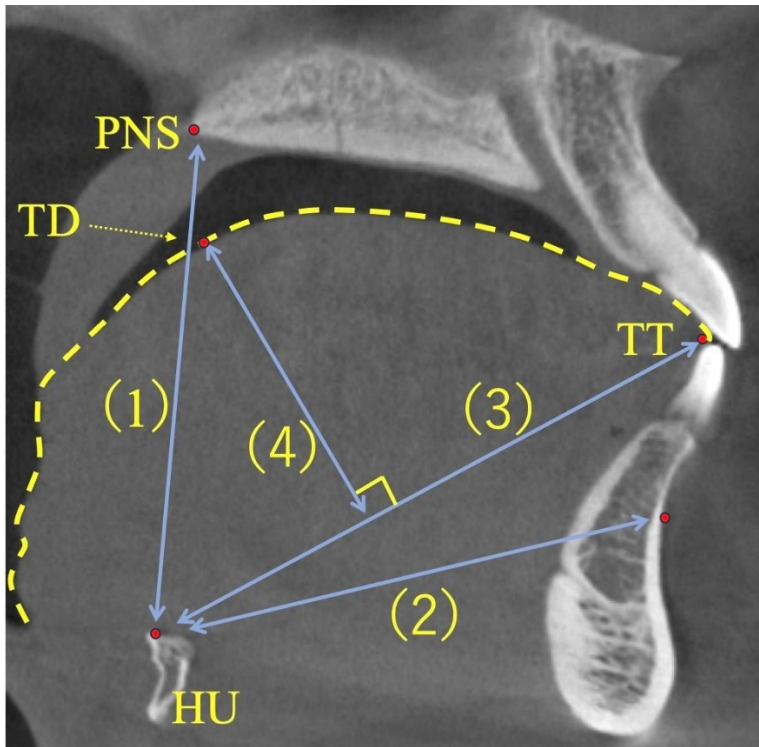


図3 矢状断 CBCT 画像における計測項目

(1) PNS to HU (PNS-舌骨間距離 : Posterior Nasal Spine to Hyoid body Upper edge) : 口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの直線距離, (2) B to HU (B-舌骨間距離: B point to Hyoid body Upper edge), (3) TGL (舌体長 : Tongue Length) : 舌骨体上縁 (HU : Hyoid body Upper edge) から舌尖 (TT : Tip of Tongue) までの距離, (4) TGH (舌背高 : Tongue height) : 舌骨体上縁から舌尖を結んだ線から舌背 (TD : Tongue Dorsum) までの垂直距離の最大値

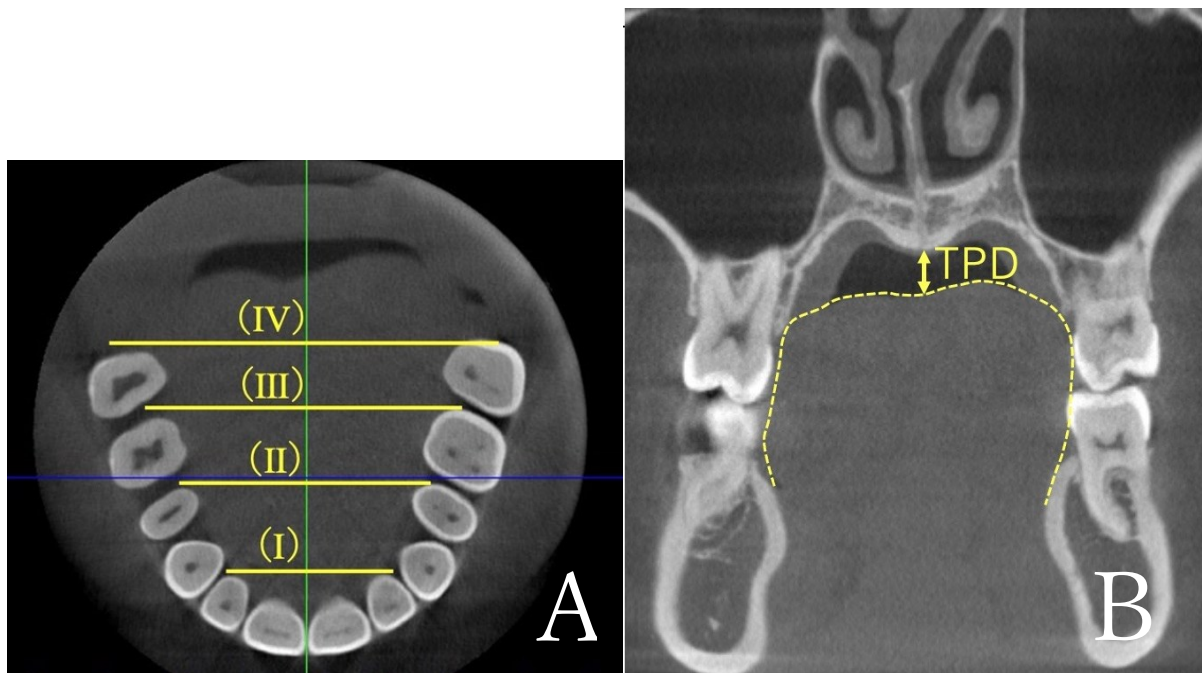
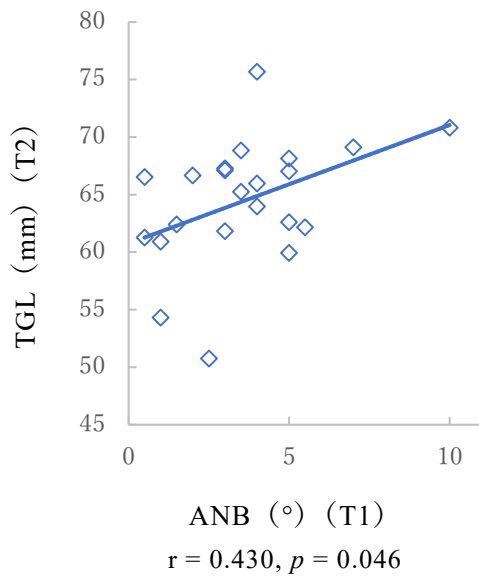


図4 前頭断 CBCT 画像における舌背-口蓋間距離の計測項目

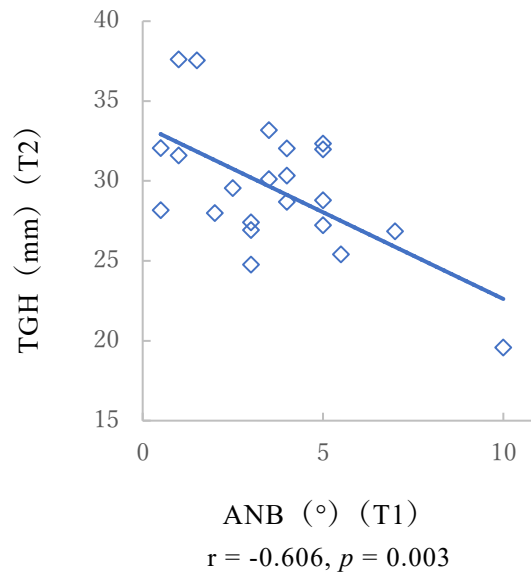
舌背-口蓋間距離 (TPD: Tongue-Palate Distance) は水平断画像 (図 4A) において、前後的に以下の4つのセクションに分け、前頭断画像上 (図 4B) にて舌背から口蓋までの距離の計測を行った。

TPD I: 上顎側切歯-犬歯間中央相当部 (I), TPD II: 上顎第1または第2小臼歯-第1大臼歯間中央相当部 (非抜歯症例は上顎第1小臼歯-第1大臼歯間中央相当部) (II), TPD III: 上顎第1大臼歯-第2大臼歯間中央相当部 (III), TPD IV: 上顎第2大臼歯後方相当部 (IV)

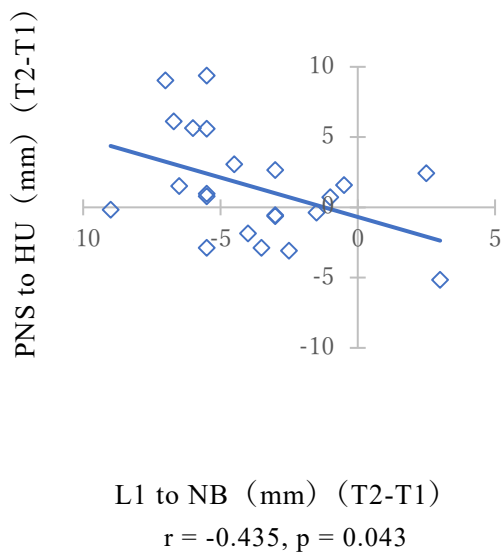
A



B



C



D

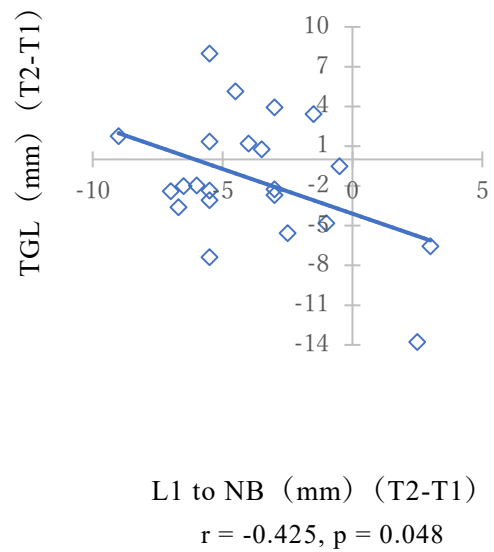
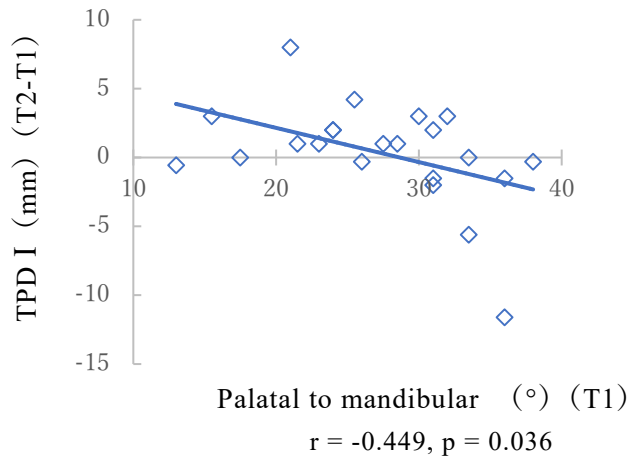


図5 側面セファログラム計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値の相関

TGL (T2) と ANB (T1) の相関 (図 5A), TGH (T2) と ANB (T1) の相関 (図 5B), PNS to HU (T2-T1) と L1 to NB (T2-T1) の相関 (図 5C), TGL (T2-T1) と L1 to NB (T2-T1) の相関 (図 5D)

A



B

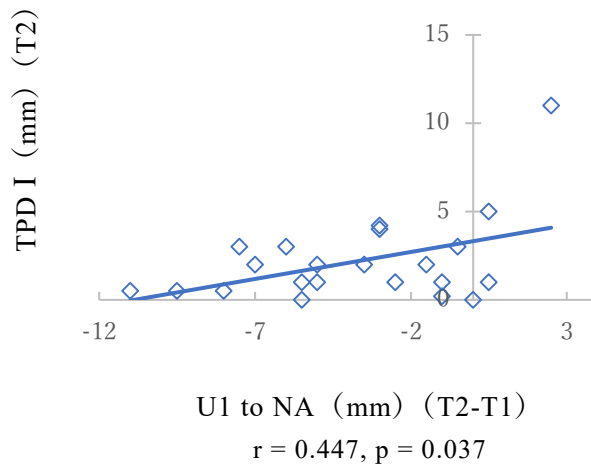


図6 側面セファログラム計測値と前頭断CBCT画像上の計測値の相関

TPD I (T2-T1) と Palatal to mandibular (T1) の相関 (図 6A), TPD I (T2)

と U1 to NB (T2-T1) の相関 (図 6B)

表 1 側面セファログラム上の分析項目の計測値と術前後の比較

	ANB (°)	FMA (°)	Palatal to mandibular (°)	U1 to NA (mm)	L1 to NB (mm)
T1	3.6 ±2.3	26.9 ±6.0	27.2 ±6.8	7.9 ±2.8	9.3 ±2.7
T2	3.7 ±1.9	27.7 ±5.5	27.3 ±5.9	4.1 ±3.0	5.5 ±2.0
T2-T1	0.1 ±1.2	0.8 ±1.9	0.1 ±1.9	-3.8 ±3.5**	-3.8 ±3.0**

N=22 , Mean ± S.D. , ** : $p < 0.01$

表 2 矢状断 CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

	(1) PNS to HU (mm)	(2) B to HU (mm)	(3) TGL (mm)	(4) TGH (mm)
T1	55.76 ±4.59	56.40 ±4.22	66.01 ±4.60	29.68 ±4.74
T2	57.22 ±5.85	56.32 ±4.45	64.47 ±5.38	29.54 ±4.04
T2-T1	1.45 ±3.84	-0.08 ±4.74	-1.53 ±4.72	-0.13 ±4.71

N=22 , Mean ± S.D.

表 3 前頭断 CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

	TPDI (mm)	TPDII (mm)	TPDIII (mm)	TPDIV(mm)
T1	1.82 ±3.37	3.00 ±5.44	2.66 ±4.00	2.75 ±3.40
T2	2.17 ±2.43	2.54 ±3.64	2.58 ±3.48	2.79 ±3.54
T2-T1	0.36 ±3.75	-0.46 ±7.45	-0.07 ±5.87	0.04 ±4.64

N=22 , Mean ± S.D.

表 4 側面セファログラム計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値の相関関係

相関係数 ' r '	(1) PNS to HU (mm)			(2) B to HU (mm)			(3) TGL (mm)			(4) TGH (mm)		
	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1
ANB (°)(T1)	0.014	-0.043	-0.083	0.026	-0.333	0.320	0.394	0.430*	0.108	-0.141	-0.606**	-0.377
FMA (°)(T1)	-0.122	-0.008	0.133	-0.410	-0.150	0.223	-0.044	0.217	0.290	0.000	-0.221	-0.190
Palatal to mandibular (°) (T1)	-0.167	-0.086	0.069	-0.366	-0.206	0.132	-0.130	0.175	0.325	-0.084	-0.269	-0.146
U1 to NA (mm)(T2-T1)	0.348	0.253	-0.030	0.299	0.204	-0.074	-0.015	-0.330	-0.361	0.308	0.174	-0.161
L1 to NB (mm)(T2-T1)	-0.005	-0.290	-0.435*	0.060	-0.067	0.115	0.031	-0.347	-0.425*	-0.084	-0.290	-0.163

N=22, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

表 5 側面セファログラム計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値の相関関係

相関係数 ' r '	TPDI (mm)			TPDII (mm)			TPDIII (mm)			TPDIV (mm)		
	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1
ANB (°)(T1)	0.044	-0.314	-0.223	-0.163	0.150	0.192	-0.348	0.153	0.328	-0.409	-0.006	0.295
FMA (°)(T1)	0.070	-0.337	-0.256	-0.014	-0.081	-0.029	-0.064	0.058	0.078	-0.075	0.125	0.150
Palatal to mandibular (°) (T1)	0.302	-0.364	-0.449*	0.184	-0.113	-0.190	0.033	-0.023	-0.036	-0.038	0.031	0.051
U1 to NA (mm)(T2-T1)	0.033	0.447*	0.261	0.066	0.280	0.089	0.106	0.255	0.079	0.114	0.212	0.078
L1 to NB (mm)(T2-T1)	-0.207	0.245	0.300	-0.089	0.180	0.153	-0.099	0.058	0.102	-0.194	-0.154	0.025

N=22, * : $p < 0.05$