

機能的顎矯正装置で治療した  
上顎前突症例における口腔周囲筋の圧力変化  
-FR- II と Twin Block appliance の治療効果-

奥羽大学大学院歯学研究科  
顎顔面口腔矯正学専攻

根津 允

(指導教員：福井 和徳)

Changes of Perioral Muscle Pressure in Class II div.1 Cases  
Treated with the Functional Appliances  
-treatment effects of FR- II and Twin Block appliance-

Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Ohu University,

Graduate School of Dentistry

Makoto Nezu

(Director: Kazunori Fukui)



## Abstract

**Objective:** In our department, we perform orthodontic treatment with Fränkel appliance (FR-II) and Twin-block appliance (TBA) for children with maxillary protrusion caused by mandibular retrusion. Dentofacial orthopedic treatment performed with functional appliances are thought to promote harmonious facial growth by changing the functional muscle environment around the developing dentition. Both FR-II and TBA are functional appliances that promote anterior growth of the mandible and have been extensively investigated in many previous studies. Those studies on FR-II and TBA have evaluated changes in the dentofacial morphology before and after the use of the appliances. However, because no studies have chronologically and quantitatively evaluated improvement in the functional muscle environment around the developing dentition after treatment with FR-II or TBA, this information remains unknown. Therefore, in this study, we aimed to measure tongue pressure and maximum lip-closing force upon initial testing and during dynamic treatment in pediatric patients who underwent treatment with functional appliances and evaluate changes in the function of the tongue and lips brought about by functional dentofacial orthopedic treatment.

**Subjects and Methods:** Children ( $n = 24$ , mean age:  $9.5 \pm 2.4$  years) diagnosed with maxillary protrusion at the Department of orthodontics of the Ohi University Dental Hospital and who underwent treatment with a functional appliance were included in this study. The patients were classified into a FR-II group ( $n = 12$ ) and TBA group ( $n = 12$ ). We measured the maximum tongue pressure, tongue pressure during swallowing and maximum lip-closing force upon initial testing (T0) and at 6 months (T1) and 1 year (T2) after treat with the appliance. We analyzed lateral cephalograms, palatal

volume, forced expired volume in 1s (FEV<sub>1</sub>) and nasal airway resistance. Then, the maxillofacial orthopedic treatment was morphologically and functionally evaluated.

Results: The maximum tongue pressure in the FR-II group showed significant increases from T0 to T1, from T1 to T2, and from T0 to T2. The tongue pressure in the FR-II group during swallowing also exhibited significant increases from T0 to T2 and from T1 to T2 ( $p < 0.05$ ). The FR-II group also showed significant increases in the maximum lip-closing force from T0 to T2 and from T1 to T2 ( $p < 0.05$ ). Meanwhile, in the TBA group, although the maximum tongue pressure showed significant increases from T0 to T1 and from T0 to T2 ( $p < 0.05$ ), no significant differences were observed for tongue pressure during swallowing. For maximum lip-closing force in the TBA group, significant increases were observed from T0 to T2 and from T1 to T2 ( $p < 0.05$ ). In both groups, the palatal volume and FEV<sub>1</sub> significantly increased from T0 to T2 ( $p < 0.05$ ), and there is no significant difference in nasal airway resistance.

Conclusions: Quantitative evaluation of tongue pressure and maximum lip-closing force over time demonstrated that dentofacial orthopedic treatment with functional appliances corrected the function of perioralmuscles and effectively normalized jaw growth as well as respiration.

## 抄 録

目的：下顎劣成長による上顎前突を有する小児の矯正歯科治療において、当科では機能的顎矯正装置であるフレンケル装置（以下 FR-II）とツインブロック装置（以下 TBA）を用いて治療を行っている。機能的顎矯正装置による顎整形治療は、歯列周囲の筋環境を変化させ、調和のとれた顎顔面形態を獲得できる。FR-II, TBA はともに下顎骨の前方成長を促す機能的顎矯正装置であり、今日までに多くの研究が行われている。しかしながら、過去の FR-II, TBA に関する報告は、装置使用前後の顎顔面形態の変化について評価しているものが多く、FR-II, TBA の治療による歯列周囲の筋機能の改善について、経時的かつ定量的に評価している報告はなく、未だ明らかとなっていない。そこで、機能的顎矯正装置を使用した患児の舌圧、最大口唇閉鎖力を初回検査時および動的治療中に測定し、機能的顎整形治療による舌と口唇における機能の変化について評価し、治療効果を明らかにすることを目的とした。

対象および方法：奥羽大学歯学部附属病院矯正歯科で上顎前突と診断され、機能的顎矯正装置を適用した患児 24 名（平均年齢  $9.5 \pm 2.4$  歳）を対象とした。FR-II 群 12 名、TBA 群 12 名の 2 群に分けた。初回検査時（T0）、装置装着から 6 か月経過時（T1）、1 年経過時（T2）の最大舌圧、嚥下時舌圧および最大口唇閉鎖力と、側面頭部エックス線規格写真分析、1 秒量（以下  $FEV_1$ ）、鼻腔抵抗値および上顎歯列模型の 3 次元計測から得られた口腔容積を測定し、顎顔面整形治療の形態的評価と機能的評価を行った。

結果：FR-II 群において最大舌圧は T0-T1, T1-T2 および T0-T2 間で有意な増加を示し、嚥下時舌圧は T0-T2,

T1-T2 間で有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。最大口唇閉鎖力は T0-T2, T1-T2 間で有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。一方, TBA 群において最大舌圧は T0-T1, T0-T2 間で有意な増加を示したものの ( $p < 0.05$ ), 嚙下時舌圧に有意な差は認めなかった。最大口唇閉鎖力は T0-T2, T1-T2 間で有意な増加を示した ( $p < 0.05$ )。FR-II 群, TBA 群ともに口蓋容積, FEV<sub>1</sub> は T0-T2 間で有意な増加を示し ( $p < 0.05$ ), 鼻腔抵抗値は T0-T2 間で有意な差を認めなかった。

結論 : 舌圧, 最大口唇閉鎖力の経時的な定量的評価を行ったことにより, 機能的顎矯正装置による顎整形治療が口腔周囲筋の機能を改善し, 顎骨の発育と呼吸を正常化させるという治療効果が明らかとなった。

#### 緒 言

成長発育期の顎顔面形態の発育について, Proffit<sup>1)</sup> は遺伝的要因および機能的要因の両方の影響を受けると報告している。また, Moss<sup>2)</sup> は機能により生体組織が変化するという機能母体説の考え方を述べている。また, 舌, 口輪筋および頬筋のバランスが不正咬合の原因や咬合の維持に関与している<sup>3, 4)</sup> ことも認知されており, 成長発育期の顎顔面形態の発育には口腔周囲筋の機能の関与が重要と考えられる。

口腔周囲筋の機能障害としては低位舌, 舌突出癖および口唇閉鎖不全などがある。正常な舌位は舌背が口蓋に接するよう位置づけられており, 内側からの舌圧と外側からの頬圧, 口唇圧により歯列弓形態が保持される。しかしながら, 低位舌を有すると, 上顎歯列に対し内側からの舌圧が低下し, 外側からの頬圧により上顎歯列が狭窄する<sup>5)</sup>。また, 舌突出癖を有すると, 内側からの舌圧

が強まり開咬を呈し，口唇閉鎖不全を有すると外側からの口唇圧が弱まり上顎前突を誘発する。したがって，成長発育期に舌や口唇の機能障害を認める患児においては，形態の改善とともに機能の改善についても考慮しなければならない。

成長発育期の矯正歯科治療では，機能的顎矯正装置を使用し，不正咬合が確立する前に上下顎の骨格的な関係を是正することで適正な顎間関係を獲得する顎整形治療が行われている。機能的顎矯正装置は歯列周囲の機能的な筋環境を変化させることによって，調和のとれた顔面成長を促進させる装置である。FR-IIはFränkel<sup>6)</sup>が，TBAはClark<sup>7, 8)</sup>が装置を考案して以来，これらの装置による顎骨や気道の形態的变化について多くの研究が行われてきた。

成人の睡眠時無呼吸症候群は，下顎後退による気道狭窄が特徴の1つであり，対症療法として下顎の前方移動装置で気道の拡大を図っている。この予防のためにも，成長発育期に矯正歯科治療で下顎の前方成長を促し，呼吸しやすい環境を構築しておく必要がある。

しかしながら，機能的顎矯正装置を用いた顎整形治療による口腔周囲筋の機能や呼吸器系の改善については，経時的かつ定量的に評価している報告はなく，いまだ治療効果は明らかとなっていない。そこで本研究では，機能的顎矯正装置を使用した患児の口腔周囲筋における機能の変化を知るために，舌，口唇および気道形態の測定を行い，機能面の治療効果を明らかにすることを目的とした。

## 対象および方法

### 1. 対象

奥羽大学歯学部附属病院矯正歯科を受診し，下顎後退による上顎前突と診断され，FR-II（図 1）と TBA（図 2）で治療を行った患児 24 名（男児 9 名、女児 15 名），平均年齢  $9.5 \pm 2.6$  歳，Hellman の咬合発育段階による IIIA から IIIC を対象とした（表 1）。また，被験者の分類は FR-II 群 12 名 ( $9.1 \pm 2.7$  歳)，および TBA 群 12 名 ( $10.0 \pm 3.1$  歳)であった。被験者の選択基準は(1)  $ANB > +4.0^\circ$ ，(2)  $overjet > +4.0\text{mm}$ ，(3) 大臼歯関係 Angle Class II div.1，とした。また，除外対象は(1) 矯正歯科治療の既往がある患児，(2) 舌小帯の異常もしくは舌小帯伸展術の既往がある患児，(3) 咽頭扁桃，口蓋扁桃肥大を認める患児，また，咽頭扁桃切除術，口蓋扁桃摘出術の既往がある患児(4) 先天性疾患，歯数に異常を有する患児とした。

被験者および保護者に対し，研究の趣旨および内容について説明を行い，同意を得た。なお，本研究は奥羽大学倫理審査委員会の承認を得て実施された（承認番号 110 号）。

## 2. 方法

初回検査時 (T0)，装置装着から 6 か月経過時 (T1)，1 年経過時 (T2) の最大舌圧，嚥下時舌圧および最大口唇閉鎖力と，T0，T2 時の側面頭部エックス線規格写真分析，呼吸機能，鼻腔抵抗値および上顎歯列模型の 3 次元計測から得られた口蓋容積を測定し，顎顔面整形治療の形態的評価と機能的評価を行った。

### 1) 側面頭部エックス線規格写真の撮影条件

計測には，T0 および T2 に採得した側面頭部エックス線規格写真を用いた。



a. 側面頭部エックス線規格写真の撮影条件

- (1)立位で FH 平面と床面が平行になる姿勢とする。
- (2)下顎位は咬頭嵌合位とする。
- (3)口唇は閉鎖させる。
- (4)舌位は安静にして嚥下を行わない。
- (5)呼吸様式は規定せず，安静な状態とする。

b. 側面頭部エックス線規格写真の計測項目

側面頭部エックス線規格写真の計測項目は 11 項目を設定した (図 3)。側面頭部エックス線規格写真のトレースは通法に従って行い，トレースおよび計測は計測誤差をなくすため全て同一の矯正歯科医が行った。

- (1) SNA (°)
- (2) SNB (°)
- (3) ANB (°)
- (4) Facial angle (°)
- (5) FH-MP (°)
- (6) Gonial angle
- (7) Occlusal plane (以下, Occ.P.) (°)
- (8) U1-FH (°)
- (9) L1-MP (°)
- (10) Overbite (mm)
- (11) Overjet (mm)
- (12) Ba-A (mm)
- (13) Ba-Pog (mm)

2) 口蓋容積の計測

Primozićら<sup>9)</sup>の方法に従い，上顎歯列模型を用いて口蓋容積を計測した。非接触三次元形状計測器の Vivid 910 (KONICA MINOLTA, Tokyo, Japan) を用いて歯列石膏模

型を計測し，得られた三次元表面形状データを基に Rapidform 2006 (INUS Technology Inc, Seoul, Korea) により歯列模型の表面形状を表すサーフェイスモデル (ポリゴンデータ) を構築した。口蓋容積を計測するため，全萌出歯の歯頸部最深点をプロットし作製した歯頸部平面 (平面 A) と上顎左右側第一大臼歯の歯頸部最遠心点の2点を通り，歯頸部平面に対し垂直な遠心平面 (平面 B) を口蓋との境界面とした。これらの平面と口蓋粘膜により構築される口蓋部の体積を口蓋容積として算出した (図 4)。

### 3) 舌圧測定

舌圧測定は，バルーン式舌圧測定器 (JMS舌圧測定器；JMS社，Tokyo, Japan) を使用した。被験者は座位姿勢でフランクフルト平面 (以下，FH平面) と床面を平行とした。バルーンを口腔内に挿入し，硬質リング部を上下顎中切歯で軽くくわえることでバルーンを口蓋皺襞前方部に固定した (図 5)。最大舌圧測定は，被験者に7秒間最大の力で舌を挙上するよう指示した。また，嚥下時舌圧測定は，水 5.0ml を口腔内に含ませ，同様にバルーンを固定した後，嚥下を指示した。それぞれ2回の練習をした後に，3回ずつ測定し，その平均値を患児の最大舌圧および嚥下時舌圧とした。測定を繰り返すことで筋疲労が起こると，正確な測定が困難になるため，1回の測定ごとに30秒間の休息を設けた。

### 4) 最大口唇閉鎖力測定

最大口唇閉鎖力測定は，口唇閉鎖力測定器 LIP DE CUM<sup>®</sup> LDC-110R (コスモ計器社製，Tokyo, Japan) を使用した。被験者は，舌圧測定と同じく，FH平面を床面に

平行にした座位姿勢にて測定した。吉田ら<sup>10)</sup>の方法に準じ、センサー部に口唇の台座を取り付け、口唇に装着し、咬頭嵌合位における5秒間の最大口唇閉鎖力を測定した(図6)。2回の練習を行った後に、3回測定し、その平均値を被験者の最大口唇閉鎖力とした。舌圧測定と同様に、1回の測定ごとに30秒間の休息を設けた。

#### 5) 上気道、舌および舌骨の計測項目

Loweら<sup>11)</sup>の方法に準じ、上気道、舌および舌骨の距離計測と上気道の面積計測を行った。計測に際し、通法の計測点に加え、以下の計測点を設定した(図7)。

- (1) R (咽頭蓋) : 頭蓋底および翼状突起外側板の横断点と PNS を結んだ線と交わる咽頭後壁上の点
- (2) C3 : 第3椎骨の最前下点
- (3) C4 : 第4椎骨の最前下点
- (4) TT (舌尖) : 舌の最前方点
- (5) TH : 喉頭蓋底と TT を結んだ直線の垂線が舌の最も高い位置を交差する点
- (6) Et : 喉頭蓋の先端
- (7) Eb : 喉頭蓋の最下点
- (8) H : 舌骨の最前方点
- (9) P : 軟口蓋の最下点
- (10) RGN : FH 平面に対する垂線と symphysis が交わる点

距離計測 7 項目、面積計測 4 項目を以下に示す。

上気道の面積計測は WinCeph® version10.0 (Rise Co., Ltd.) を用いて計測を行った。

- (1) 軟口蓋後方前後径・上部 (以下, SPAS) : Go-B 線との平行線が軟口蓋後方と接する点と咽頭後壁と接する点との直線距離

- (2) 軟口蓋後方前後径・下部（以下，MAS）：Go-B線との平行線が軟口蓋最下点を通り咽頭後壁と接する点との直線距離
- (3) 舌根部前後径（以下，IAS）：Go-B線を延長し舌後縁と咽頭後壁と交わる2点間の直線距離
- (4) 舌高：THよりTT-Eb線へ垂線を下ろした交点との距離
- (5) 舌長：EbとTT間距離
- (6) 舌骨前後径：C3とH間距離
- (7) 舌骨の上下径：Hを通りFH-MPに垂線を下ろした交点との距離
- (8) 咽頭上部：PNS-Rと咽頭後壁が交差する点，PNSおよびPNSと口蓋平面上の咽頭後壁が交差する点に囲まれた面積
- (9) 咽頭中部：PNS，PNSと口蓋平面上の咽頭後壁が交差する点を結んだ直線およびEtを通る口蓋平面と平行な直線と咽頭後壁・舌背・軟口蓋後壁に囲まれた面積
- (10) 咽頭下部：Et，C4を通る口蓋平面と平行な2つの直線と咽頭蓋後壁・喉頭蓋後壁に囲まれた面積
- (11) 舌面積：舌表面とTT，RGN，H，Ebを結んだ線に囲まれた面積

## 6) 呼吸機能検査

本研究では呼吸機能を評価するのに，スパイロメトリーから算出される $FEV_1$ と鼻腔通気度測定から導きだされる鼻腔抵抗値を選択した。

### a. スパイロメトリー測定

マルチファンクショナルスパイロメーター HI-801（CHEST社製）を使用し，呼吸機能ガイドライン<sup>12)</sup>に準

じスパイロメトリー測定を行った（図 8）。安静呼吸の安定後，最大吸気位まで吸気を行わせ，最大の力で努力呼気をさせて最大吸気位まで呼出させる。6 秒以上呼気努力を持続させ，2 秒以上呼気量が変化しないことを確認し，再現性みるために測定は 3～8 回行った。

#### b. 鼻腔通気度測定

鼻腔抵抗値の測定は  $FEV_1$  同様に，マルチファンクショナルスパイロメーター HI-801（CHEST 社製）を用いた（図 9）。鼻腔抵抗値は安静時鼻呼吸時の鼻腔前後の気圧差（ $\Delta P$ ）と気流速度（ $V$ ）を測定し，流体力学の関係式（抵抗（ $R$ ）=圧差（ $\Delta P$ ）/流速（ $V$ ））から求められる。前鼻孔から鼻腔後方圧を測定するアンテリオール法で左右の鼻腔抵抗値を測定し，その測定値からオームの法則の計算式（ $1/\text{両側鼻腔抵抗} = 1/\text{右側鼻腔抵抗} + 1/\text{左側鼻腔抵抗}$ ）を利用し両側鼻腔抵抗を算出した。測定条件を以下に示す。

- (1) 自然頭位で座位姿勢とする。
- (2) 口唇閉鎖させ，鼻呼吸するよう指示。
- (3) 感冒症状の有無を確認し，症状のない状態で測定。
- (4) 室温を一定に設定した。
- (5) 吸気時 100Pa を参考とした。

### 3. 各装置のプロトコール

#### 1) FR-II のプロトコール

##### (1) 構成咬合位

上下切歯間の垂直距離 2.0mm（上下唇閉鎖が可能な高さ）

overjet < +6.0mm 1 回前進

overjet  $\geq$  +6.0mm 初回 6.0mm 前進，その後 2.0mm 段

階的に前進

下顎を前方に維持することが困難な場合、最初の前方移動量を少なくする。

(2)ワックスリリーフ量：歯冠部 3.0mm，歯槽部 2.5mm

(3)装置装着時は口唇を閉鎖するよう指示。

2) TBA のプロトコール

(1)構成咬合

上下切歯間の垂直距離 2.0mm

overjet < +10.0mm 1回前進

overjet  $\geq$  +10.0mm 初回 7~8mm 前進，その後 2mm 段階的に前進

下顎を前方に維持することが困難な場合、最初の前方移動量を少なくする。

(1)上顎には拡大ネジを組み込む。

(2)装置装着時は口唇を閉鎖するよう指示。

#### 4. 統計学的分析

初回検査時の FR-II 群と TBA 群の平均年齢，Rohrer index, BMI および側面頭部エックス線規格写真の分析を Mann-Whitney U test を用いて評価した。また舌圧，最大口唇閉鎖力の経時的評価には Wilcoxon signed-rank test with Bonferroni correction を，側面頭部エックス線規格写真分析，口蓋容積，鼻腔抵抗値の経時的評価には Wilcoxon signed-rank test を用いて検定した（図 10）。解析には，統計解析ソフトウェア（SPSS 24.0J, SPSS 社，Chicago）を使用した。有意水準は 5% 未満とした。

## 結 果

### 1. 体格の比較

本研究で用いた患児の体格を比較してみると，初回検

査時の T0 の Rohrer index, BMI は FR-II 群と TBA 群の 2 群間に有意な差を認めなかったことから, 体格差のない小児であると判断した。また, 治療を行った T2 における Rohrer index, BMI においても FR-II 群と TBA 群の 2 群間に有意な差は認めず, 1 年後の体格にも差がなかったことが分かった。

## 2. FR-II 群, TBA 群の側面頭部エックス線規格写真の分析

FR-II 群, TBA 群の側面頭部エックス線規格写真の分析値を示す (表 2, 3)。

T0 において FR-II 群と TBA 群は, 全ての分析値において有意な差は認められなかった。FR-II 群, TBA 群ともに T0-T2 間において SNB, Facial angle, および Ba-Pog で有意に増加し, ANB, overjet は有意に減少した ( $p < 0.05$ )。

## 3. 舌圧の変化

舌圧の測定値を示す (表 4, 5, 図 11)。最大舌圧は, FR-II 群において T0-T1 間 ( $27.8 \pm 4.7 \text{ kPa}$  から  $31.3 \pm 4.1 \text{ kPa}$ ), T1-T2 間 ( $31.3 \pm 4.1 \text{ kPa}$  から  $35.9 \pm 2.4 \text{ kPa}$ ) および, T0-T2 間 ( $27.8 \pm 4.7 \text{ kPa}$  から  $35.9 \pm 2.4 \text{ kPa}$ ) において有意に増加した ( $p < 0.025$ )。TBA 群においては T0-T1 間 ( $26.3 \pm 3.4 \text{ kPa}$  から  $35.3 \pm 5.2 \text{ kPa}$ ), T0-T2 間 ( $26.3 \pm 3.4 \text{ kPa}$  から  $37.4 \pm 5.0 \text{ kPa}$ ) で有意な増加を示し ( $p < 0.025$ ), T1-T2 間では有意な差を認めなかった。一方, 嚥下時舌圧は FR-II 群において T1-T2 間 ( $16.9 \pm 6.1 \text{ kPa}$  から  $23.0 \pm 5.4 \text{ kPa}$ ), T0-T2 間 ( $15.0 \pm 4.7 \text{ kPa}$  から  $23.0 \pm 5.4 \text{ kPa}$ ) で有意な増加を示し ( $p < 0.025$ ), TBA 群は測定時期による有意な差を認めなかった。

#### 4. 最大口唇閉鎖力の変化

最大口唇閉鎖力の測定値を示す(表 4, 5, 図 12)。FR-II 群は T1-T2 間 ( $10.0 \pm 1.5\text{N}$  から  $11.0 \pm 2.3\text{N}$ ) および T0-T2 間 ( $9.2 \pm 1.8\text{N}$  から  $11.0 \pm 2.3\text{N}$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.025$ )。TBA 群も同様な傾向を示し, T1-T2 間 ( $10.0 \pm 1.5\text{N}$  から  $11.0 \pm 2.3\text{N}$ ) および T0-T2 間 ( $9.1 \pm 0.9\text{N}$  から  $11.0 \pm 2.3\text{N}$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.025$ )。T0-T1 間においては FR-II 群および TBA 群ともに測定値の増加を示したものの有意な差を認めなかった。

#### 5. 上顎歯列模型による口蓋容積の変化

口蓋容積の測定値を表に示す(表 6)。T0 において FR-II 群, TBA 群の口蓋容積に有意な差は認められなかった。

FR-II 群は, T0-T2 間 ( $5006.6 \pm 469.0\text{mm}^3$  から  $5229.7 \pm 483.1\text{mm}^3$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ )。TBA 群も同様な結果を示し, T0-T2 間 ( $4915.0 \pm 250.8\text{mm}^3$  から  $5300.6 \pm 356.8\text{mm}^3$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ )。

#### 6. 上気道, 舌および舌骨の変化

上気道, 舌および舌骨の経時的変化を示す(表 7, 8)。上気道において FR-II 群は, SPAS ( $11.6 \pm 4.1\text{mm}$  から  $12.5 \pm 3.1\text{mm}$ ), MAS ( $12.5 \pm 2.7\text{mm}$  から  $14.4 \pm 4.5\text{mm}$ ), IAS ( $8.4 \pm 1.7\text{mm}$  から  $9.5 \pm 1.5\text{mm}$ ), 咽頭上部 ( $141.7 \pm 48.6\text{mm}^2$  から  $163.6 \pm 53.5\text{mm}^2$ ), 咽頭中部 ( $380.0 \pm 102.8\text{mm}^2$  から  $479.7 \pm 130.8\text{mm}^2$ ) および咽頭下部 ( $134.5 \pm 79.6\text{mm}^2$  から  $183.4 \pm 131.1\text{mm}^2$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ )。また, TBA 群も同様な結果を示し, SPAS ( $9.3 \pm 2.5\text{mm}$  から  $11.7 \pm 3.4\text{mm}$ ), MAS ( $11.0 \pm 2.7\text{mm}$  から  $12.7 \pm 3.2\text{mm}$ ), IAS ( $7.6 \pm 2.5\text{mm}$  から  $9.5 \pm 2.2\text{mm}$ ),



咽頭上部 ( $120.7 \pm 37.8 \text{mm}^2$  から  $136.9 \pm 44.1 \text{mm}^2$ ) , 咽頭中部 ( $378.8 \pm 83.9 \text{mm}^2$  から  $466.2 \pm 115.1 \text{mm}^2$ ) および咽頭下部 ( $129.1 \pm 56.5 \text{mm}^2$  から  $175.0 \pm 60.5 \text{mm}^2$ ) で有意な増加を示した ( $p < 0.05$ ) 。

舌および舌骨において, FR-II 群は舌骨の前後径 ( $32.2 \pm 5.1 \text{mm}$  から  $34.1 \pm 3.6 \text{mm}$ ) , 舌長 ( $66.1 \pm 11.1 \text{mm}$  から  $69.6 \pm 7.1 \text{mm}$ ) , および舌面積 ( $2112.6 \pm 340.2 \text{mm}^2$  から  $2556.6 \pm 608.4 \text{mm}^2$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ ) 。TBA 群は, 舌骨の前後径 ( $31.2 \pm 2.5 \text{mm}$  から  $34.3 \pm 3.0 \text{mm}$ ) , 舌高 ( $32.4 \pm 4.3 \text{mm}$  から  $34.2 \pm 3.4 \text{mm}$ ) , および舌面積 ( $2227.5 \pm 295.2 \text{mm}^2$  から  $2556.6 \pm 608.4 \text{mm}^2$ ) で有意な増加を示した ( $p < 0.05$ ) 。

## 7. 呼吸器の変化

### 1) スパイロメトリーの変化

FEV<sub>1</sub> の経時変化を示す (表 9)。

FR-II 群は FEV<sub>1</sub> において, T0-T2 間 ( $1.51 \pm 0.30 \text{L}$  から  $1.89 \pm 0.30 \text{L}$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ ) 。また, TBA 群も同様に T0-T2 間 ( $1.74 \pm 0.28 \text{L}$  から  $2.00 \pm 0.47 \text{L}$ ) で有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ ) 。

### 2) 鼻腔抵抗値の変化

鼻腔抵抗値の経時的変化を示す (表 9)。

FR-II 群は, P (100) In において,  $0.41 \pm 0.17 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$  から  $0.38 \pm 0.11 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$  に変化した。TBA 群は, P(100) In において,  $0.57 \pm 0.43 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$  から  $0.47 \pm 0.23 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$  に変化した。FR-II 群および TBA 群ともに P(100) In は有意な差を認めなかった。

## 考 察

## 1. 顎顔面形態の変化

下顎後退による上顎前突の矯正歯科治療は、1900年代初頭までは咬合斜面板や唇舌側弧線装置とⅡ級ゴムの併用治療およびマルチブラケット装置が主流であったが、下顎の大きな垂直的、前後的な移動は困難であり、下顎後退を改善することは難易度の高い治療であった。1936年に発表されたアクチバトールは構成咬合による口腔周囲筋の力を利用することで下顎前方成長の促進が簡便に達成された。さらに、1949年にアクチバトールを改良した Bimler のアダプターが、1950年代にはバイオネーターが開発された。1966年にはFR-IIが、1982年にはTBAが考案され、現在の矯正臨床における顎整形治療には、様々な機能的顎矯正装置が選択されてきている。我々は、成長発育期の下顎後退による上顎前突の治療に近年考案されたFR-IIまたはTBAを用いて顎整形治療を行い、機能的な口腔周囲の環境を整え、骨格的不調和を改善している。

FR-II および TBA は下顎の前方への成長を促進させるという共通点をもつが、その作用機序は異なる。FR-II は下唇圧および頬圧を排除することで適正な機能空間を獲得し、リンガルシールドによって固有受動感覚の活性化を行い、下顎前方牽引筋を刺激することで下顎の前方成長を促す機能的顎矯正装置<sup>6)</sup>である。TBA は、オクルーザルインクラインドプレーンにより下顎を前方へ誘導および固有受動感覚を活性化することで下顎の遠心咬合を是正する機能的顎矯正装置<sup>7,8)</sup>である。

本研究におけるFR-IIおよびTBAによる1年間の顎顔面形態の変化は、側面頭部エックス線規格写真分析の結果から、FR-II群およびTBA群ともに、T0-T2間においてSNB, Facial angle, およびBa-Pogに有意に増加し、

ANB, overjet は有意に減少した。Toth ら<sup>13)</sup> は FR-II と TBA の治療効果を評価しており, 未治療群との比較では, FR-II 群と TBA 群ともに下顎骨体長が有意に増加したと報告している。我々は距離計測として, 下顎骨体長ではなく Ba-Pog を計測し有意な増加を認めたことから, 計測項目は異なるものの, 同様に下顎の前方成長を促進する効果を得たと考えられた。さらに彼らは, TBA 群は未治療群と比較し, FH-MP が有意に増加し, FR-II 群と比較して, 下顎大臼歯の挺出による下顎の垂直的な成長が大きいことを述べている。これは, 彼らの用いた TBA 群は overbite が大きい過蓋咬合でローアングルケースであるため, TBA の上顎のバイトブロックを選択的に削合し, 下顎大臼歯を萌出させることで咬合高径の制御を図ったと推察される。本研究での TBA 群における FH-MP は有意な差は認めず維持されていた。これは, 本研究の overbite は標準範囲でアベレージアングルケースであったため, 下顎の時計方向の回転を抑え, 垂直的な成長を維持した結果と考えられる。Freeman ら<sup>14)</sup> は, FR-II の長期使用による形態的評価を行い, 未治療群と比較し, FR-II 使用群は下顎骨の前方成長を認め, 顎位は 10 年後も安定していたと報告している。本研究の 1 年後の治療結果も, FR-II 群は下顎の良好な前方成長が得られている。下顎位の安定化については今後も長期的な評価が必要と考えられる。

これらの小児を対象とした研究に対して, 成人の下顎後退による上顎前突の治療においては, 外科的矯正治療または, 歯の移動によって顎間関係や不正咬合を改善するカムフラージュ治療が適応となる。外科的矯正治療は骨格的な変化により顔貌形態の改善が可能である。しかしながら, 生体への侵襲性が大きく, 術後の偶発症とし

て下唇の知覚麻痺を生じることがあることや、術後の後戻りなどが問題となっている。一方、カムフラージュ治療は外科的侵襲を伴わず、歯の移動により咬合の改善が可能であるが、重度の下顎後退症例では上顎切歯の移動量が大きく歯根吸収のリスクがある<sup>15,16)</sup>ことや、顎間関係は変化しないため、抜歯症例においては固有口腔を減少させる対症療法であると考えられる。以上のことから、成長が期待できる小児期に顎整形治療を行い、骨格的な不調和を是正することで、小児の機能を正常化することは極めて重要であると考えられる。Clark<sup>7,8)</sup>はTBAの使用時期について報告しており、成長の旺盛な時期では下顎の成長を認め、身長を増加をあまり認めない時期は下顎骨の成長は緩やかな可能性があると述べている。本研究のTBA群の平均年齢は $10.0 \pm 3.1$ 歳であり、Scammonの成長発育曲線で、この時期は下顎骨の成長は急速に促進する時期であることから、下顎の前方成長が促進される時期に装置を使用したと考えられた。

歯系の変化をみてみると、McNamaraら<sup>17)</sup>はFR-IIを1年間使用した患児（FR-II群）と未治療群の顎顔面形態を比較した結果、FR-II群は下顎の有意な前方成長および上顎中切歯の舌側傾斜と下顎前歯の唇側傾斜を認めたと述べている。本研究の結果をみてみると、U1-FHにおいてFR-II群、TBA群ともに有意な差は認めず、上下顎中切歯の歯軸は維持されていた。上下顎中切歯の歯軸と切縁の位置関係は構成咬合時の下顎前方移動量に影響を与えられとされる。本研究のFR-II群とTBA群におけるT0のU1-FHおよびL1-MPは標準的な歯軸傾斜であったことから、上下顎前歯の歯軸を維持することで、下顎の前方移動量が大きく獲得されたと考えられた。

## 2. 口蓋容積の変化

口蓋容積は FR-II 群, TBA 群ともに T0-T2 間で有意な増加を認めた。Primozić ら<sup>18)</sup> は乳歯列および混合歯列期において, 幅径の増加に伴い口蓋容積の著しい増加を示すことが認められたため, この時期に上顎の顎整形治療を行うべきであると述べており, 本研究における機能的顎矯正装置を用いた口腔周囲の筋機能の改善は, 正常な上顎の発育を促すことに寄与していることが示された。

## 3. 舌圧の変化

最大舌圧において FR-II 群, TBA 群ともに T0-T1 間および T0-T2 間で有意な増加を認めた。Ozbek ら<sup>19)</sup>, Iwasaki<sup>20)</sup> は, 急速拡大装置使用後の舌位の安定性を評価し, 急速拡大後に舌位は上昇し, 安静時の舌位は急速拡大後も安定していることを示しており, 上顎歯列の側方拡大により舌の挙上が容易になると報告している。舌圧が上昇した一つの要因として, 口蓋容積の増加に伴い舌の挙上が促されたことが考えられた。

一方, T1-T2 間においてはこれらの 2 つの装置による最大舌圧の変化の様相が異なり, FR-II 群は有意な増加を示したのに対し, TBA 群では有意差は認められなかった。FR-II 群は T0-T2 にかけて  $35.9 \pm 2.4$  kPa まで増加しているのに対し, TBA 群は T0-T1 間で  $35.3 \pm 5.2$  kPa まで増加している。これらは, FR-II 群は緩やかな増加を認めるのに対し, TBA 群は, 装置使用後 6 か月という短い期間で急速に増加することを示している。このことは, FR-II はバツカルシールドにより外側からの頬圧を排除し歯槽基底弓を拡大する<sup>21)</sup> のに対し, TBA は拡大ネジによって歯列弓の拡大を図るという上顎歯列弓の拡大機序の違いによると考えられた。つまり, TBA 群は上顎歯

列弓の機械的な拡大により舌の挙上が早期に促され、装置使用後6か月という早い段階での急速な最大舌圧の上昇に結びついたと推察された。

嚥下時舌圧において、TBA群では有意な差を認めなかったのに対し、FR-II群ではT1-T2間とT0-T2間で有意な増加を認めた。FR-II, TBAはともに構成咬合採得を行う際に、上下顎中切歯間距離を2.0mm離開させている。一方、若狭<sup>22)</sup>は咬合高径の増加が嚥下に与える影響を評価し、咬合高径の増加に伴い嚥下持続時間が増加し、嚥下困難感の増加が認められたと報告している。これにより、装置を使用した患児らは未使用時と比較し、嚥下時により舌を挙上させなければ口蓋に接することができないため、舌の挙上訓練が装置を介して自然に行われたと考えられた。Arakawaら<sup>23)</sup>は、舌の回転運動を指示し、トレーニング前後での舌圧を評価した結果、トレーニング2週間後において舌圧の上昇が認められたと報告しており、舌の運動を促すことは舌圧の上昇に繋がると考えられた。さらに、1日に嚥下する回数は500~2000回程度<sup>24)</sup>であり、装置装着時における狭い空間でも相当な舌の運動が行われていることが予想される。

以上のことから、FR-IIは口蓋を被覆しない構造のため、舌の挙上量が増大すると予想されるが、TBAは口蓋がレジン床で覆われているため、FR-IIと比較し舌挙上量が少ないと考えられ、TBA群において、嚥下時舌圧の有意な上昇が認められなかったと推測された。

本研究の結果は最大舌圧、嚥下時舌圧が経時的に上昇したことから、機能的顎矯正装置が形態のみならず、舌機能の改善を促していることを示唆している。

#### 4. 最大口唇閉鎖力の変化

本研究では，FR-II群およびTBA群ともにT1-T2間，T0-T2間で有意な増加を認めた。小野ら<sup>25)</sup>は，Hellmanの咬合発育段階によるIIIAとIIIBの上顎前突を有する小児の最大口唇閉鎖力を比較した結果，有意な差を認めなかったと報告している。本研究の患児はIIIA～IIICを対象としているため，FR-II群およびTBA群ともに最大口唇閉鎖力が有意な増加を示したことは，装置の治療効果によるものであると考えられた。また，小野ら<sup>25)</sup>はIIIA期以降の最大口唇閉鎖力は咬合による影響を受けやすく，正常咬合と比較し開咬，上顎前突症は弱いと報告している。

1年間の最大口唇閉鎖力の推移をみると，TBA群では $9.1 \pm 0.9\text{N}$ から $11.0 \pm 2.3\text{N}$ へ増加し，FR-II群では $9.2 \pm 1.8\text{N}$ から $11.0 \pm 2.3\text{N}$ まで増加を示した。FR-II群で高い増加量を示したことは，FR-IIの構成要素である下唇の姿勢位の改善を目的としているリップパッド<sup>6)</sup>の効果であると推察された。

## 5. 舌および舌骨の変化

FR-II群は舌長に有意な増加を認めたのに対し，TBA群では舌高に有意な増加を認めた。舌圧の項目で述べたように，これらは，2つの装置による上顎歯列の拡大方法の差が影響していると考えられる。つまり，上顎の歯列が機械的拡大により早期に拡大するTBA群においては，上顎の拡大に伴い舌位が上昇し最大舌圧が急速に増大する結果となった。このことから，舌圧の上昇には上顎の口蓋容積と舌位が深く関連していると考えられた。また，我々は以前の研究<sup>26)</sup>で，小児期の舌位と顎顔面形態の関連性について評価し，舌の前後的位置と上下顎骨の前後的位置に正の相関を認めたことを報告しており，気道計測の項目において，舌根部前後径が下顎の前方成長に

に伴い，前方に誘導されたことを示す本研究の結果と同様な結果を示している。

また，舌位が変化するメカニズムを解明するため，舌位と深く関連している舌骨位の評価を行った。Taylorら<sup>27)</sup>は自然成長による下顎の前下方への成長に伴い，舌骨位も前下方に移動すると報告しており，下顎骨の成長方向と舌骨位は関連していることを示している。本研究では，FR-II群およびTBA群ともに舌骨の前後径で有意な増加を認めた。Ulusoyら<sup>28)</sup>はアクチベーター使用前後の舌骨位について報告し，アクチベーター使用後の下顎の前方成長に伴い，舌骨位は前下方に移動し有意な変化を認めたと報告しており，本研究での舌骨の上下径に有意な変化は認められないという結果は，彼らの報告とは異なる。これらの違いは，我々が用いた舌骨位の計測基準平面はMP-FHであるのに対し，彼らはSN平面を基準平面としていることが要因であると考えられた。今回，我々が用いたLoweら<sup>11)</sup>の方法は，舌骨位の上下径に関してMP-FHからの距離を計測し舌骨位を評価している。従って，舌骨の上下径に有意差が認められなかったことは舌骨と下顎骨とが連動していることを意味している。

本研究の結果から，下顎骨の自然成長方向と舌骨の位置関係が連動するというTaylorら<sup>27)</sup>と機能的顎矯正装置によって誘導された下顎骨と舌骨の位置関係は同様な関係となることが示唆された。

## 6. 呼吸器系の変化

### 1) 上気道について

これまで気道の形態的評価に関する研究は，側面頭部エックス線規格写真を用いた気道の評価<sup>11), 27~31)</sup>や，コーンビームコンピュータ断層撮影法を用いた3次元的评价



価<sup>5, 20, 32~36)</sup>など様々な手法を用いて行われてきた。コーンビームコンピュータ断層撮影法による3次元的评价は被爆量が大きいいため小児期での矯正歯科治療前後での経時的評価は難しい。Searsら<sup>33)</sup>は、側面頭部エックス線規格写真とコーンビームコンピュータ断層撮影法による気道の形態的评价を行った結果、側面頭部エックス線規格写真による距離計測とコーンビームコンピュータ断層撮影法による容積計測には正の相関を示すことを報告している。このことから、本研究ではLoweら<sup>11)</sup>の方法に準じて経時的な上気道的评价を行った。

その結果、本研究ではFR-II群、TBA群ともに距離計測であるSPAS、MAS、IAS、および、面積計測である咽頭上部、咽頭中部、咽頭下部の全ての項目において有意な増加を認めた。コーンビームコンピュータ断層撮影法を用いて、TBA群と装置未使用群における気道の変化を比較したHanemら<sup>32)</sup>は、TBA群は装置未使用群と比較し有意に増加したと報告しており、本研究においても同様な結果を示している。このように機能的顎矯正装置により気道が増大したことは、下顎の前方成長が有意に増加したことにより、気道が増大したと考えられた。

一方、Aliら<sup>31)</sup>は側面頭部エックス線規格写真を用いて、TBA使用前後の気道の変化を距離計測し評価した結果、SPAS部のみ有意な増加を示したと報告しており、我々の結果とは異なる。彼らの研究において、他の気道計測部に有意な変化が認められなかったことは、下顎の成長量の差、舌の大きさなどの要因が影響していると推察される。

本研究の結果は、機能的顎矯正装置を使用し下顎の前方成長が得られれば、気道は拡大することを示していた。今後、さらに長期的な気道の形態的评价を行うとともに、

気道と舌の大きさとの関連性についても検討していきたい。

## 2) スパイロメトリーについて

近年，成人のみならず小児期の閉塞性睡眠時無呼吸症候群（以下OSAS）が問題視されている。Baikら<sup>37)</sup>は成人のOSASを有する患者のSNBは小さく，下顎の後退を示すことを報告している。これは下顎後退により気道を狭窄するためであり，成長発育期に下顎の前方成長を促し気道の狭窄を改善することで小児OSASの予防が出来る可能性がある。また，Eyckら<sup>38)</sup>は小児OSASを重症度別に3群に分け，3群間のFEV<sub>1</sub>を比較した結果，OSASの重症度が上がるにつれて，FEV<sub>1</sub>は低下すると述べていることから，FEV<sub>1</sub>はOSASと深く関連していると考えられた。そこで機能的顎矯正装置による下顎の前方成長に伴う呼吸機能の評価を行うため，スパイロメトリーから算出されるFEV<sub>1</sub>を経時的に測定した。

FR-II群，TBA群ともにFEV<sub>1</sub>は有意な増加を示した本研究の結果は，下顎の前方成長に伴う気道の拡大が，呼吸機能の改善に寄与していることを示唆している。

今後，評価項目を追加し顎整形治療による呼吸機能の更なる解明を行う必要がある。

## 3) 鼻腔通気度の変化について

成長発育期の上顎前突を有する患児に併発する口呼吸は，口唇閉鎖不全を生じ，overjetの増加，上顎歯列の狭窄，MP-FHの急峻といった顎顔面形態に様々な影響を与えることが報告されている<sup>39~41)</sup>。Sabashiら<sup>42)</sup>は鼻閉群と鼻閉を伴わない群の最大口唇閉鎖力を比較し，鼻閉を伴わない群よりも鼻閉群は，最大口唇閉鎖力が有意に小

さく，鼻腔抵抗値は大きいと報告している。また，最大口唇閉鎖力と鼻腔抵抗値の間に負の相関を認め，口唇閉鎖と鼻腔通気度の密接な関連について述べている。

成長発育期の上顎前突の患児は，口呼吸により日常的な口唇閉鎖が行われず，口輪筋が弛緩していると考えられ，当科ではFR-II，TBAともに装置装着時は口唇閉鎖を促すリップシールを患児に指示している。そこで機能的顎矯正装置による顎整形治療が鼻腔通気度に影響を与えるのではないかという仮説をたて，鼻腔抵抗値の計測を行った。

日本耳鼻科学会の鼻腔通気度測定法ガイドラインによると，日本人の正常成人の平均鼻腔抵抗値はおよそ $0.25 \pm 0.10 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ と定めており，吸気時 $100 \text{ Pa}$ の鼻腔抵抗値を推奨しているため，本研究においても吸気時 $100 \text{ Pa}$ の鼻腔抵抗値を参考とした<sup>43)</sup>。しかしながら，小児期の鼻腔抵抗値の基準値はいまだ定められていない。Kobayashiら<sup>44)</sup>は，日本人の小児期における鼻腔抵抗値を調査した結果，平均 $0.45 \pm 0.70 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ であったと報告している。本研究のFR-II群，TBA群計24名のT0の平均鼻腔抵抗値は $0.48 \pm 0.32 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ であり，Kobayashiら<sup>44)</sup>報告と同等な値を呈していた。1年治療したT2では，FR-II群，TBA群ともに鼻腔抵抗値の有意な差は認められなかったが，FR-II群，TBA群計24名のT2の平均鼻腔抵抗値は $0.40 \pm 0.19 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ と減少傾向を示していた。

Quadrelliら<sup>45)</sup>は，筋機能矯正装置を使用した下顎劣成長による上顎前突の患児の鼻腔抵抗値を評価した結果，下顎の前方成長は認めたものの鼻腔抵抗値に有意な差は認められなかったと述べており，本研究の結果と同様な結果を示している。また，不正咬合による鼻腔抵抗値の差異を評価したLopatieneら<sup>46)</sup>によると，鼻腔抵抗値は

上顎歯列の叢生量，overjetと正の相関を認め，Angle I級群とAngle II級群の鼻腔抵抗値に有意な差は認めなかったと報告している。一方，Haliciogluら<sup>47)</sup>，Magnussonら<sup>48)</sup>は，急速拡大装置使用前後の鼻腔抵抗値を評価し，急速拡大装置使用後は鼻腔抵抗値が減少することを示し，これは急速拡大装置により鼻腔容積が増大するためであると述べている。これらのことから，鼻腔抵抗値は上顎骨の側方拡大による影響が大きいと考えられる。

本研究では，FR-II群，TBA群ともに鼻腔抵抗値の有意な差は認められなかった。これはFR-II群，TBA群ともに緩徐拡大装置であるからと考えられた。したがって急速拡大と緩徐拡大という拡大方法の違いが鼻腔抵抗値の減少に関与していると推察された。本研究の鼻腔抵抗値の治療前後の結果は，減少傾向を示し，FEV<sub>1</sub>の改善が認められたことから，呼吸の改善をもたらす可能性が示唆された。

今後も成長発育期の矯正歯科治療において，形態的評価のみならずこれらの機能的な評価を適切に行い，小児期の機能を考慮した矯正歯科治療を提供していきたいと考えている。

## 結 論

機能的顎矯正装置であるFR-IIとTBAを使用した下顎後退による上顎前突の成長発育期の治療において，舌圧，最大口唇閉鎖力，口蓋容積，気道の形態および鼻腔抵抗値の評価を経時的に行うことで以下の結論を得た。

1. FR-II群およびTBA群ともに最大舌圧，嚥下時舌圧，最大口唇閉鎖力が経時的に増加したことから，顎顔面形態の改善のみならず口腔周囲筋の機能を改善していることが明らかとなった。

2. FR-II群およびTBA群ともに気道の幅径および面積が経時的に増大し，FEV<sub>1</sub>も改善したことから，呼吸機能の改善に寄与していることが示唆された。

#### 学会発表の記録

本研究の要旨の一部は，第75回日本矯正歯科学会大会（平成28年11月8日，徳島県），第63回奥羽大学歯学会（平成29年6月17日，福島県），第76回日本矯正歯科学会大会（平成29年11月20日，北海道）において発表した。

#### 利益相反

本論文に関して，開示すべき利益相反は無い。

## 文 献

1. Proffit, W. R. : Equilibrium theory revisited factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod.* **48** ; 175-186 1978.
2. Moss, M. L. : The primacy of functional matrices in orofacial growth. *Dent Pract Dent Rec.* **19** ; 65-73 1968.
3. Brodie, A. G. : Consideration of Musculature in Diagnosis, Treatment and Retention. *Am J Orthod.* **38** ; 823-835 1952.  
Graber, T. M. : *Orthodontics. principles and practice.* 2nd ed. Philadelphia•London, W. B. Saunders Co. 317-354 1967.
4. Bresolin, D, Shapiro, PA, Shapiro, GG., Chapko, MK, Dassel, S. : Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. *Am J Orthod.* **83** ; 334-340 1983.
5. Iwasaki T., Sato H., Suga H., Takemoto Y., Inada E., Saitoh I., Kakuno E., Kanomi R., Hayasaki H., Yamasaki Y. : Relationships among nasal resistance, adenoids, tonsils, and tongue posture and maxillofacial form in Class II and Class III children. *Am J Orthod* **151**, 929-940 2017.
6. Fränkel, R. The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. *Am J Orthod.* **55** ; 265-275 1969.
7. Clark, WJ. : The twin block traction technique. *Eur J Orthod.* **4** ; 129-138 1982.

8. Clark, WJ. : The twin block technique. A functional orthopedic appliance system. *Am J Orthod.* **93** ; 1-18 1988.
9. Primožic, J., Farcnik, F., Perinetti, G., Richmond, S. & Ovsenik, M. : The association of tongue posture with the dentoalveolar maxillary and mandibular morphology in Class III malocclusion: a controlled study. *Eur J Orthod.* **35** ; 388-393 2013.
10. 吉田良成, 大塚章仁, 坂井志穂, 眞鍋視里, 鬼頭佳子, 小野俊朗, 神谷省吾, 土屋友幸 : 小児の口唇閉鎖力に関する研究. *小児歯誌* **42** ; 436-440 2004.
11. Lowe AA., Ono T., Ferguson KA., Pae EK, Ryan CF., Fleetham, JA. : Cephalometric comparisons of craniofacial and upper airway structure by skeletal subtype and gender in patients with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod.* **110** ; 653-664 1996.
12. 日本呼吸器学会肺生理専門委員会編 : I. スパイロメトリーとフローボリューム曲線 (4) 測定方法の実際. 呼吸機能検査ガイドライン—スパイロメトリー, フローボリューム曲線, 肺拡散能力—. 12-19 *メディカルレビュー社* 東京 2004.
13. Toth, LR., McNamara, JA. : Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Fränkel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod.* **116** ; 597-609 1999.
14. Freeman, DC., McNamara, JA., Baccetti, T., Franchi, L., Fränkel, C. : Long-term treatment effects of the FR-2 appliance of Fränkel. *Am J Orthod.* **135**, 570.e1-6 ; 2009.

15. Proffit, WR., Phillips, C., Douvartzidis, N. : A comparison of outcomes of orthodontic and surgical-orthodontic treatment of Class II malocclusion in adults. *Am J Orthod.* **101** ; 556–565 1992.
16. Mihalik, CA., Proffit, WR, Phillips, C. : Long-term follow-up of Class II adults treated with orthodontic camouflage: a comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod.* **123** ; 266–278 2003.
17. McNamara, JA., Bookstein, FL., Shaughnessy, TG. : Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *Am J Orthod.* **88** ; 91–110 1985.
18. Primožič, J., Perinetti, G., Richmond, S. & Ovsenik, M. : Three-dimensional longitudinal evaluation of palatal vault changes in growing subjects. *Angle Orthod.* **82** ; 632–636 2012.
19. Ozbek MM, Memikoglu UTT, Altug-Atac AT, Lowe AA. : Stability of maxillary expansion and tongue posture. *Angle Orthod.* **79** ; 214–220 2009.
20. Iwasaki T., Saitoh I., Takemoto Y., Inada E., Kakuno E., Kanomi R., Hayasaki H., Yamasaki Y. : Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod.* **143** ; 235–245 2013.
21. Brieden, CM., Pangrazio-Kulbersh, V., Kulbersh, R. : Maxillary skeletal and dental change with Fränkel appliance therapy - an implant study. *Angle Orthod.* **54** ; 226–232 1984.



22. 若狭宏嗣. : 咬合高径の増加が嚥下時の舌骨筋活動, 下咽頭圧, 食道入口部圧, および嚥下困難感に与える影響. 日大歯学. **90** ; 31-37 2016.
23. Arakawa, I., Koide, K., Takahashi, M. & Mizuhashi, F. : Effect of the tongue rotation exercise training on the oral functions in normal adults - Part 1 investigation of tongue pressure and labial closure strength. J Oral Rehabil. **42** ; 407-413 2015.
24. C.S.C.LearJ.B.FlanaganJr., C.F.A.Moorrees. : The frequency of deglutition in man. Archives of Oral Biology. **10** ; 83- 99 1965.
25. 小野俊朗, 青山哲也, 村田宜彦, 井鍋太郎, 神谷省吾, 大塚章仁, 徳倉 健, 王 陽基, 柴田宗則 : 小児の口唇閉鎖力に関する研究.第6報 各咬合における小児から成人までの最大口唇閉鎖力の推移. 小児歯誌. **47** ; 568-575 2009.
26. 根津 允, 竜 立雄, 双石博之, 海老澤聡一, 福井和徳 : 混合歯列期における不正咬合者の舌位に関する形態学的評価. 東北矯正誌. **23** ; 3~10 2015.
27. Taylor M, Hans MG, Strohl KP, Nelson S, Broadbent BH. : Soft tissue growth of the oropharynx. Angle Orthod. **66** ; 393-400 1996.
28. Ulusoy C, Canigur Bavbek N, Tuncer BB, Tuncer C, Turkoz C, Gencturk Z. : Evaluation of airway dimensions and changes in hyoid bone position following class II functional therapy with activator. Acta Odontol.Scand. **72** ; 917-925 2014.
29. Ozbek, MM., Memikoglu, TU., Gögen, H., Lowe, AA., Baspinar, E. : Oropharyngeal airway dimensions and

- functional-orthopedic treatment in skeletal Class II cases. *Angle Orthod.* **68** ; 327–336 1998.
30. Sheng CM, Lin LH, Su Y, Tsai HH. : Developmental changes in pharyngeal airway depth and hyoid bone position from childhood to young adulthood. *Angle Orthod.* **79** ; 484–490 2009.
31. Ali, B., Shaikh, A., Fida, M. : CHANGES IN ORO-PHARYNGEAL AIRWAY DIMENSIONS AFTER TREATMENT WITH FUNCTIONAL APPLIANCE IN CLASS II SKELETAL PATTERN. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* **27** ; 759–763 2015.
32. Hanem y Elfeky., Mona M.S. Fayed. : Three-dimensional effects of twin block therapy on pharyngeal airway parameters in Class II malocclusion patients. *Journal of the World Federration of Orthodontists.* **4** ; 114-119 2015.
33. Sears, CR., Miller, AJ., Chang, MK., Huang, JC., Lee, J.S. : Comparison of pharyngeal airway changes on plain radiography and cone-beam computed tomography after orthognathic surgery. *J. Oral Maxillofac. Surg.* **69** ; 385-394 2011.
34. Mattos CT, Cruz CV, da Matta TCS, Pereira L de A, Solon-de-Mello Pde A, Ruellas AC., Sant'anna EF. : Reliability of upper airway linear, area, and volumetric measurements in cone-beam computed tomography. *Am J Orthod.* **145** ; 188–197 2014.
35. Feng X, Li G, Qu Z, Liu L, Näsström K, Shi X-Q. : Comparative analysis of upper airway volume with lateral cephalograms and cone-beam computed tomography. *Am J Orthod.* **147** ; 197–204 2015.

36. da Costa ED, Roque-Torres GD, Brasil DM, Bóscolo FN, de Almeida SM, Ambrosano GMB. : Correlation between the position of hyoid bone and subregions of the pharyngeal airway space in lateral cephalometry and cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* **87** ; 688–695 2017.
37. Baik UB, Suzuki M, Ikeda K, Sugawara J, Mitani H. : Relationship between cephalometric characteristics and obstructive sites in obstructive sleep apnea syndrome. *Angle Orthod.* **72** ; 124–134 2002.
38. Van Eyck A, Van Hoorenbeeck K, De Winter BY, Van Gaal L, De Backer W, Verhulst SL. : Sleep-disordered breathing and pulmonary function in obese children and adolescents. *Sleep Med.* **15** 929–933 2014.
39. Bresolin D, Shapiro PA, Shapiro GG, Chapko MK, Dassel S. : Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. *Am J Orthod.* **83** ; 334–340 1983.
40. Mattar, SE, Anselmo-Lima, WT, Valera, FC. Matsumoto, MA. : Skeletal and occlusal characteristics in mouth-breathing pre-school children. *J Clin Pediatr Dent.* **28** ; 315–318 2004.
41. Pirilä-Parkkinen K, Pirttiniemi P, Nieminen P, Tolonen U, Pelttari U, Löppönen H. : Dental arch morphology in children with sleep-disordered breathing. *Eur J Orthod.* **31** ; 160–167 2009.
42. Sabashi K, Washino K, Saitoh I, Yamasaki Y, Kawabata A, Mukai Y, Kitai N. : Nasal obstruction causes a decrease in lip-closing force. *Angle Orthod.* **81** ; 750–753 2011.

43. 内藤健晴, 宮崎総一郎, 野中 聡 : 鼻腔通気度測定法 (Rhinomanometry) ガイドライン. 日鼻誌 **40** ; 327 ~ 331 2001
44. Kobayashi R., Miyazaki S., Karaki M., Hara H., Kikuchi A., Kitamura T., Mori N. : Nasal resistance in Japanese elementary schoolchildren: determination of normal value. *Acta Otolaryngol.* **132** ; 197-202 2012.
45. Quadrelli ,C., Gheorgiu, M., Marchetti, C., Ghiglione, V. : Early myofunctional approach to skeletal Class II. *MONDO ORTODONTICO.* **2** ; 109~122 2002.
46. Lopatiene, K., Babarskas, A. : Malocclusion and upper airway obstruction. *Medicina (Kaunas).* **38** ; 277-283 2002.
47. Halicioğlu, K., Kiliç, N., Yavuz, İ., Aktan, B. : Effects of rapid maxillary expansion with a memory palatal split screw on the morphology of the maxillary dental arch and nasal airway resistance. *Eur J Orthod.* **32** ; 716-720 2010.
48. Magnusson, A., Bjerklin, K., Nilsson, P., Jönsson, F. & Marcusson, A. : Nasal cavity size, airway resistance, and subjective sensation after surgically assisted rapid maxillary expansion: a prospective longitudinal study. *Am J Orthod.* **140** ; 641-651 2011.

## 図表の解説

図 1. FR-II 装着時の口腔内写真および装置の写真

図 2. TBA 装着時の口腔内写真

図 3. 側面頭部エックス線規格写真の計測項目

1. SNA 2. SNB 3. ANB 4. Facial angle 5. FH-MP 6. Gonial angle 7. Ba-A 8. Ba-Pog 9. Occ. P. 10. U1-FH 11. L1-MP 12. Overbite 13. Overjet

図 4. サーフェイスモデルと口蓋容積の算出方法

歯頸部平面（平面 A）と遠心平面（平面 B）を口蓋との境界面と設定した。平面 A と平面 B により構成される口蓋部の体積を口蓋容積（青色領域）として算出した。

平面 A：全萌出歯の歯頸部の最深点を結んだ近似平面

平面 B：左右側上顎第一大臼歯の歯頸部最遠心点の 2 点を通り，歯頸部平面に対し垂直な平面

図 5. 舌圧の測定方法

バルーン式舌圧測定器（JMS 舌圧測定器；JMS 社，Tokyo Japan）を用いて最大舌圧および嚙下時舌圧を測定した。FH 平面を床面に平行にした座位姿勢にてバルーンを口腔内に挿入し，硬質リング部を上下顎中切歯で軽くくわえることでバルーンを口蓋雛壁前方部に固定した。

図 6. 最大口唇閉鎖力の測定方法

口唇閉鎖力測定器（LIP DE CUM® LDC-110；コスモ計器社製，Tokyo Japan）を用いて最大口唇閉鎖力を測定した。FH 平面を床面に平行にした座位姿勢にて被験者は台座を口唇に装着し，咬頭嵌合位における最大口唇閉鎖力を測定した。

図 7. 気道，舌および舌骨の分析項目

1. 軟口蓋後方前後径・上部（SPAS） 2. 軟口蓋後方前後径・下部（MAS） 3. 舌根部前後径（IAS） 4. 舌高

5. 舌長 6. 舌骨前後径 7. 舌骨の上下径 8. 咽頭上部  
9. 咽頭中部 10. 咽頭下部 11. 舌面積

図 8. スパイロメトリーの測定方法および努力呼気曲線マルチファンクショナルスパイロメーター HI-801 (CHEST 社製) を用いてスパイロメトリーを測定した。自然頭位にした座位姿勢にて, FEV<sub>1</sub> を算出した。

図 9. 鼻腔通気度の測定方法および圧・流量曲線マルチファンクショナルスパイロメーター HI-801 (CHEST 社製) を用いて鼻腔抵抗値を測定した。自然頭位にした座位姿勢にて, 吸気時の 100Pa 点の抵抗値を算出した。

図 10. 統計手法

T0: 初回検査時, T1: 装置装着から 6 か月経過時, T2: 1 年経過時

図 11. 舌圧の経時的変化

図 12. 最大口唇閉鎖力の経時的変化

表 1. 対象者の分類

表 2. FR-II 群における側面セファロ分析の計測値

表 3. TBA 群における側面セファロ分析の計測値

表 4. FR-II 群の舌圧および最大口唇閉鎖力の経時的変化

表 5. TBA 群の舌圧および最大口唇閉鎖力の経時的変化

表 6. FR-II 群および TBA の口蓋容積の経時的変化

表 7. TBA 群における気道, 舌および舌骨の計測値

表 8. FR-II 群における気道, 舌および舌骨の計測値

表 9. FR-II 群および TBA の FEV<sub>1</sub> と鼻腔通気度の経時的変化

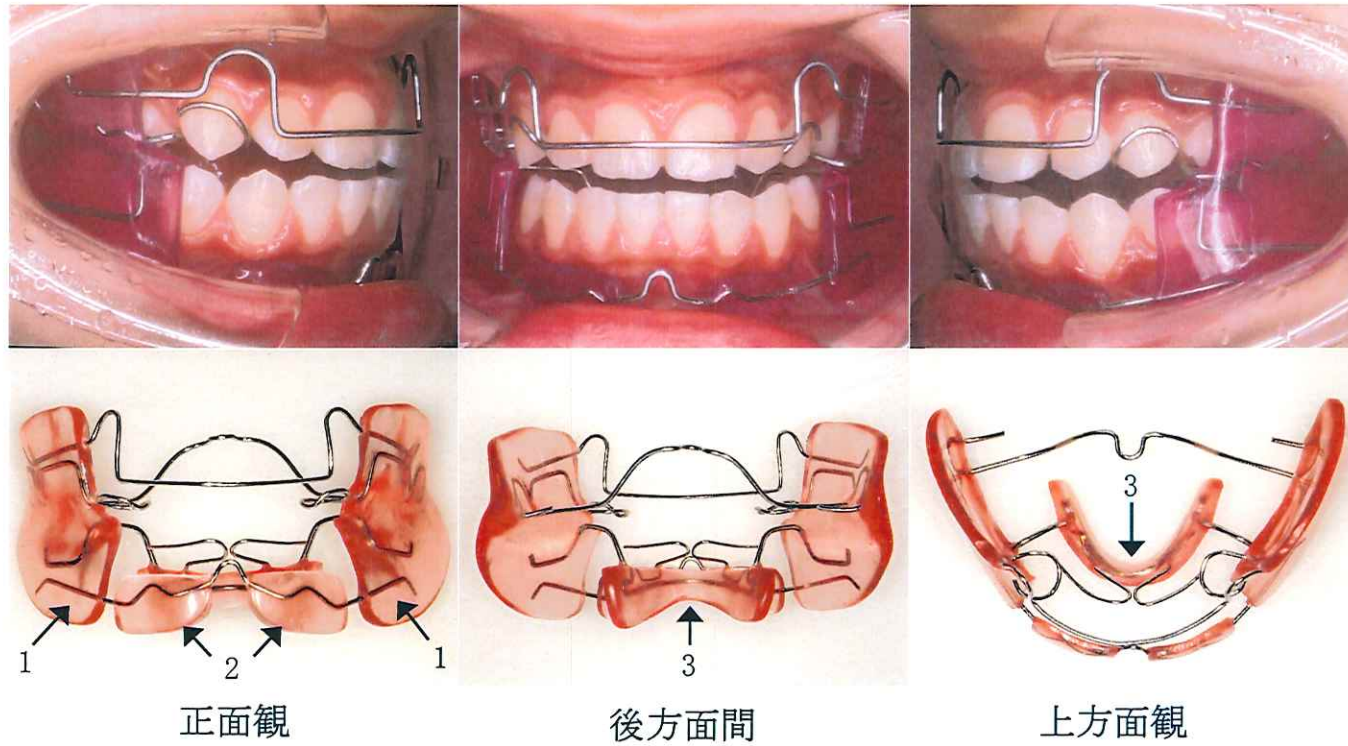


図1. FR-Ⅱ装着時の口腔内写真および装置の写真

1. バッカルシールド 2. リップパッド リンガルシールド



図2. TBA装着時の口腔内写真



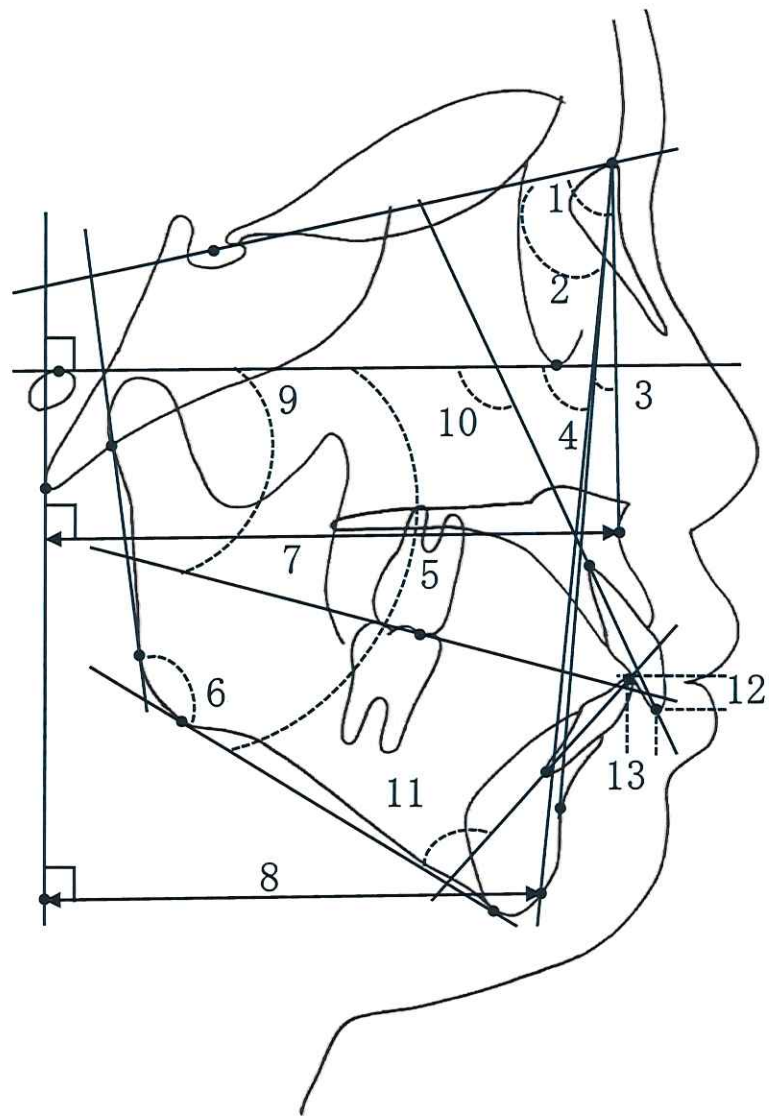


図3. 側面頭部エックス線規格写真の計測項目

1. SNA 2. SNB 3. ANB 4. Facial angle 5. FH-MP 6. Gonial angle 7. Ba-A  
 8. Ba-Pog 9. Occ. P. 10. U1-FH 11. L1-MP 12. Overbite 13. Overjet

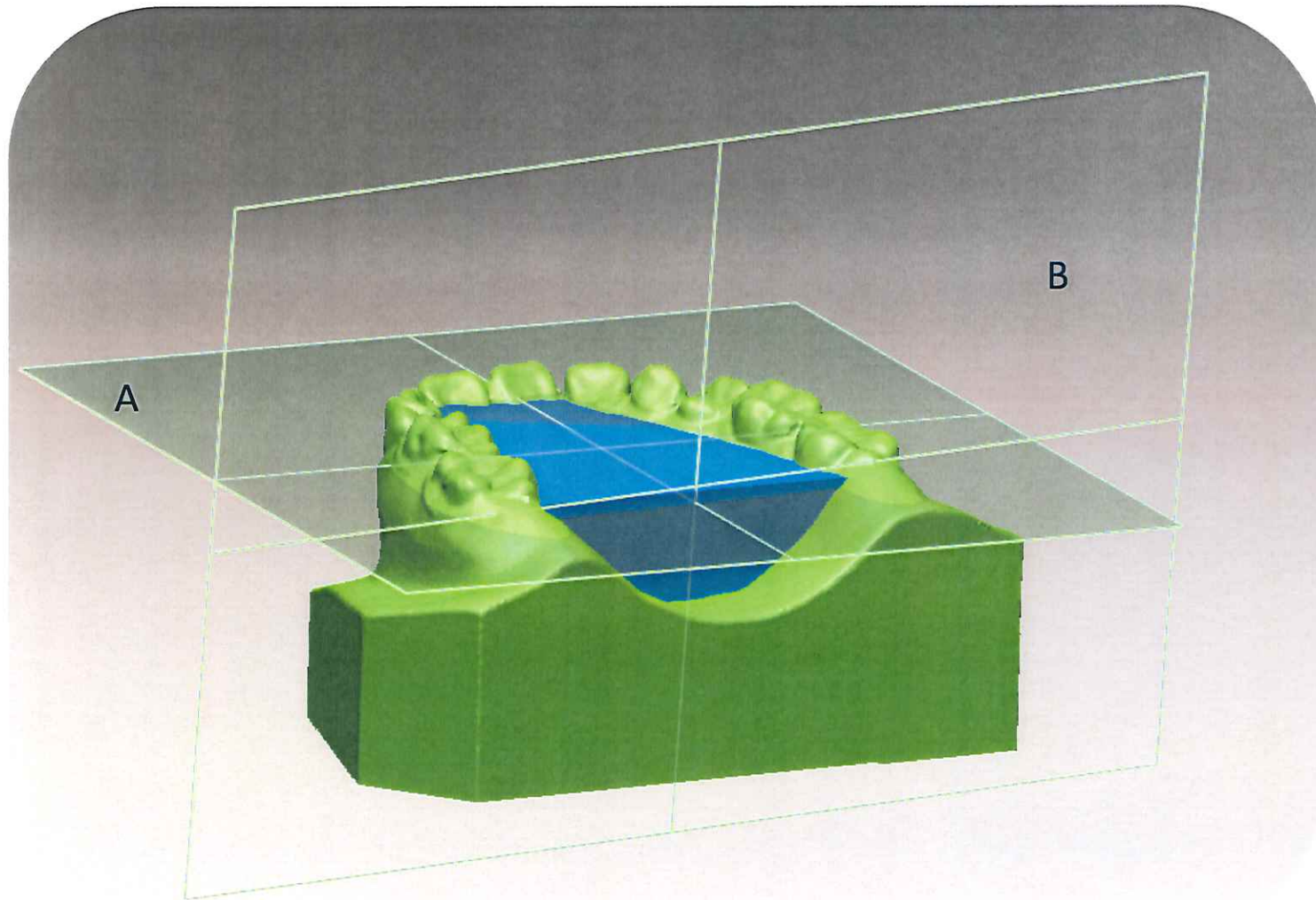


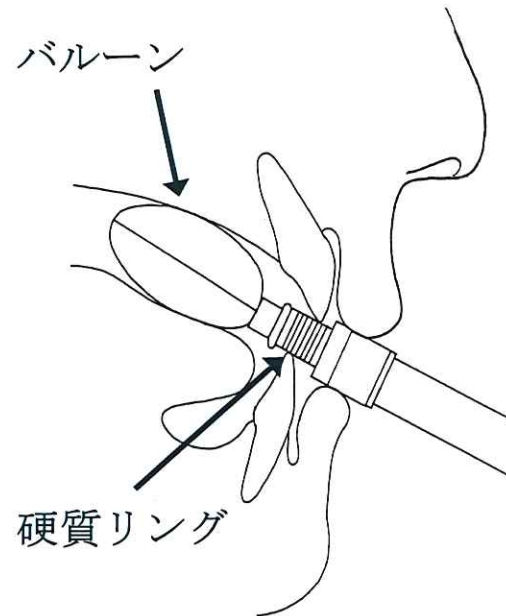
図4. サーフエイスモデルと口蓋容積の算出方法

歯頸部平面（平面A）と遠心平面（平面B）を口蓋との境界面と設定した。

平面Aと平面Bにより構成される口蓋部の体積を口蓋容積（青色領域）として算出した。

平面A：全萌出歯の歯頸部の最深点を結んだ近似平面

平面B：左右側上顎第一大臼歯の歯頸部最遠心点の2点を通り，歯頸部平面に対し垂直な平面



### 図5. 舌圧の測定方法

バルーン式舌圧測定器（JMS舌圧測定器；JMS社. Tokyo Japan）を用いて最大舌圧および嚥下時舌圧を測定した。FH平面を床面に平行にした座位姿勢にてバルーンを口腔内に挿入し、硬質リング部を上下顎中切歯で軽くくわえることでバルーンを口蓋籬壁前方部に固定した。

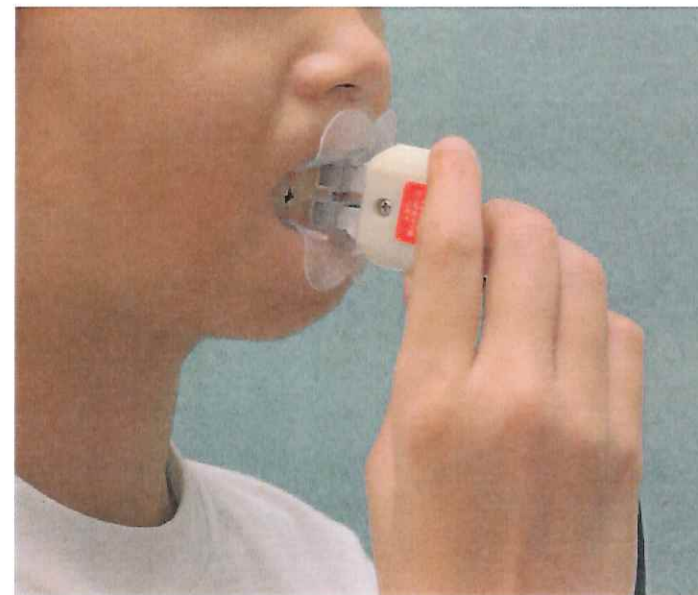
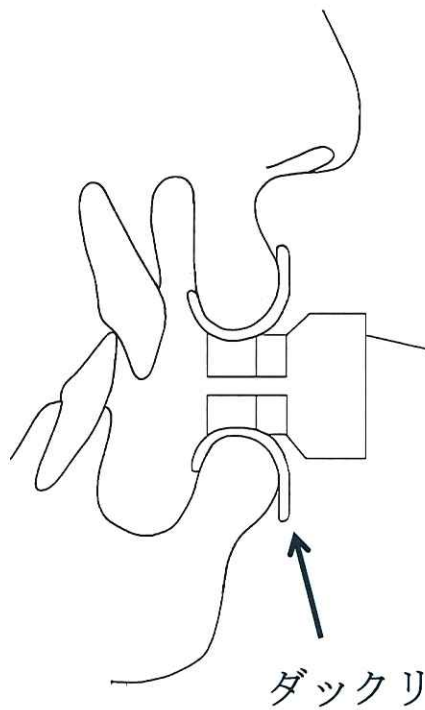
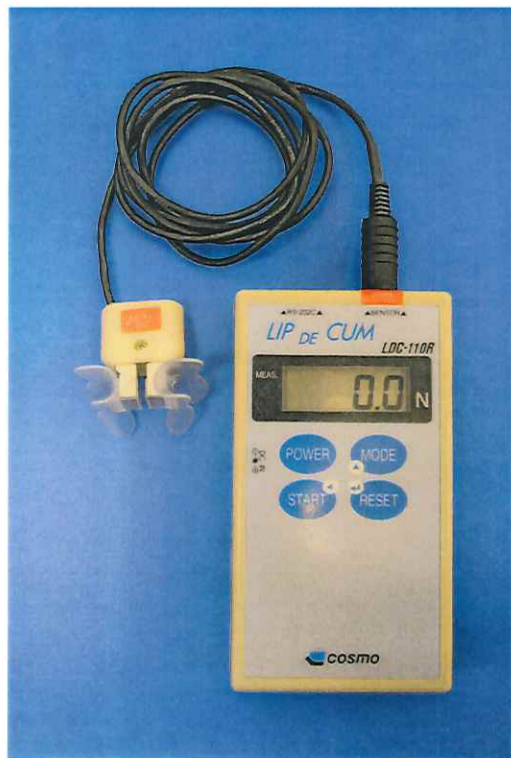


図6. 最大口唇閉鎖力の測定方法

口唇閉鎖力測定器（LIP DE CUM® LDC-110; コスモ計器社製, Tokyo Japan）を用いて最大口唇閉鎖力を測定した。FH平面を床面に平行にした座位姿勢にて被験者は台座を口唇に装着し、咬頭嵌合位における最大口唇閉鎖力を測定した。

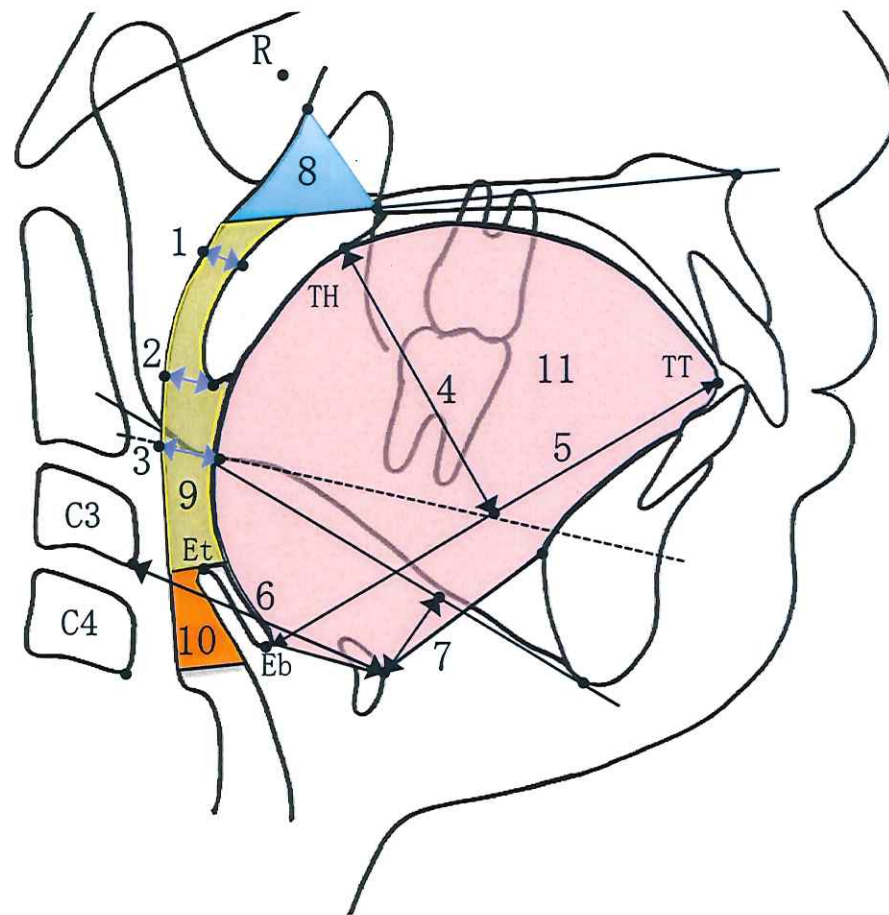


図7. 気道, 舌および舌骨の分析項目

- |         |         |          |         |       |          |           |
|---------|---------|----------|---------|-------|----------|-----------|
| 1. SPAS | 2. MAS  | 3. IAS   | 4. 舌高   | 5. 舌長 | 6. 舌骨前後径 | 7. 舌骨の上下径 |
| 8. 咽頭上部 | 9. 咽頭中部 | 10. 咽頭下部 | 11. 舌面積 |       |          |           |

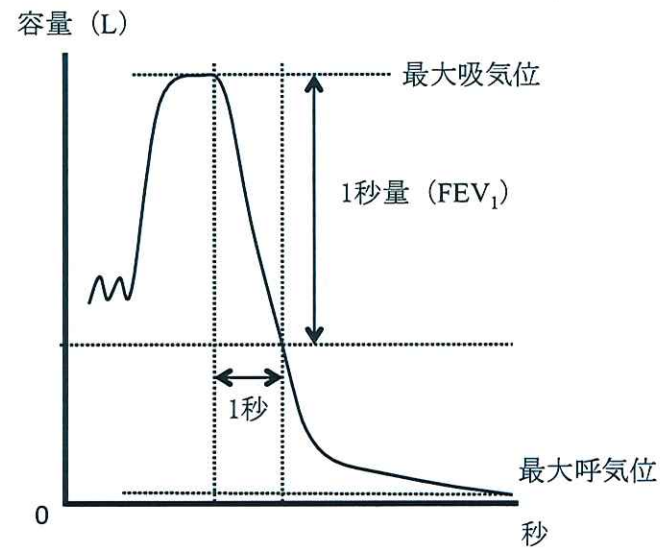


図8. スパイロメトリーの測定方法および努力呼気曲線  
マルチファンクショナルスピロメーター HI-801 (CHEST社製) を用いてスパイロメトリーを測定した。  
自然頭位にした座位姿勢にて, FEV<sub>1</sub>を算出した。

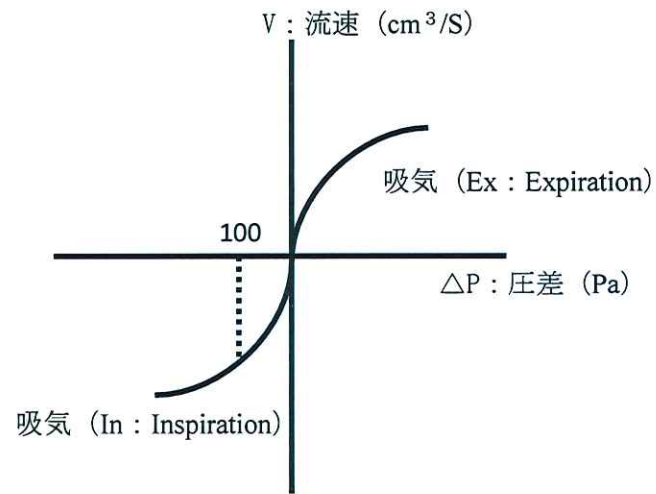


図9. 鼻腔通気度の測定方法および圧-流量曲線

マルチファンクショナルスパイロメーター HI-801 (CHEST社製) を用いて鼻腔抵抗値を測定した。自然頭位にした座位姿勢にて、吸気時の100Pa点の抵抗値を算出した。

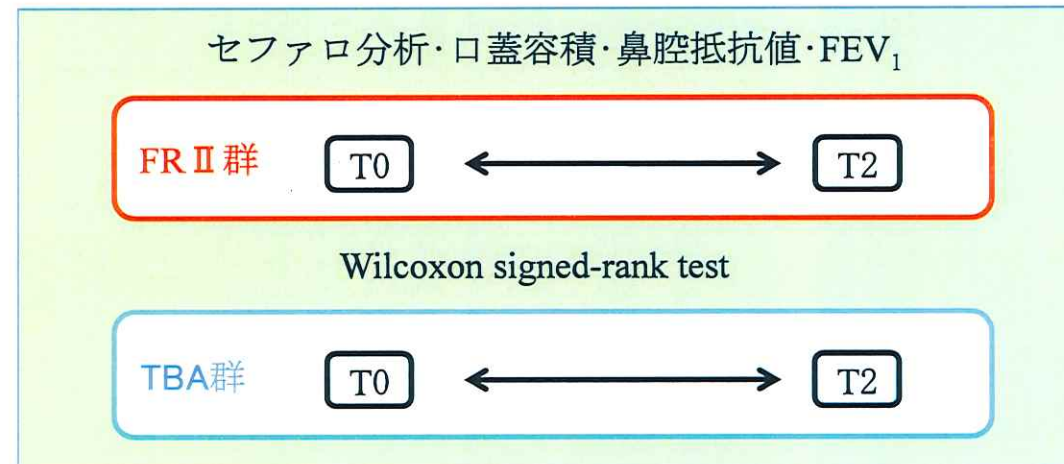
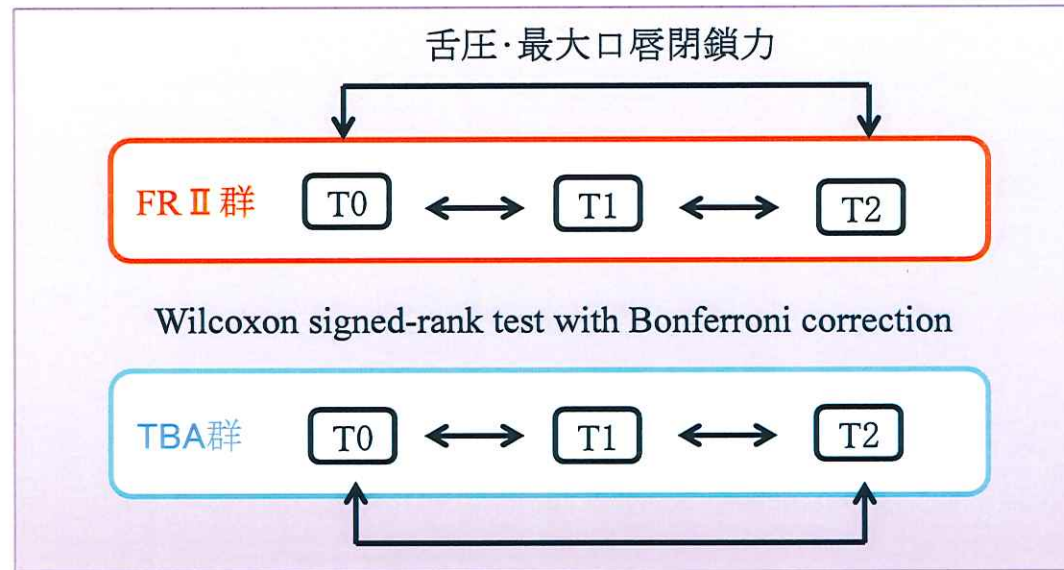
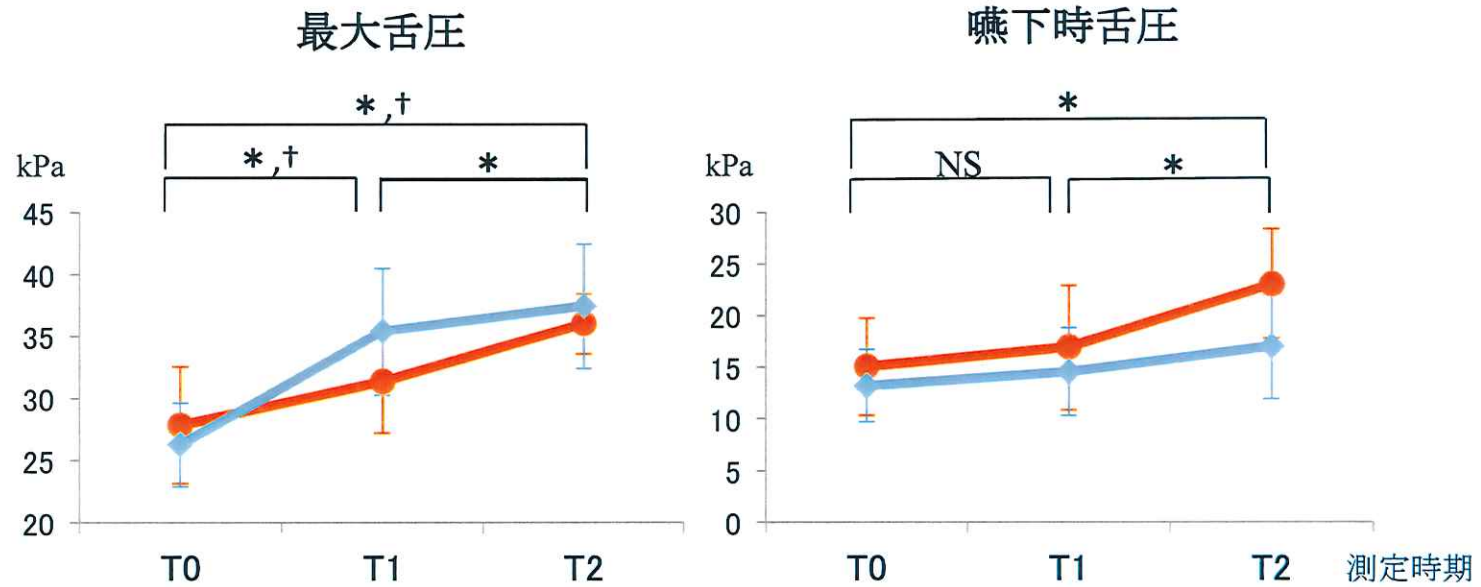


図10. 統計手法

T0 : 初回検査時, T1:装置装着から6か月経過時, T2:1年経過時





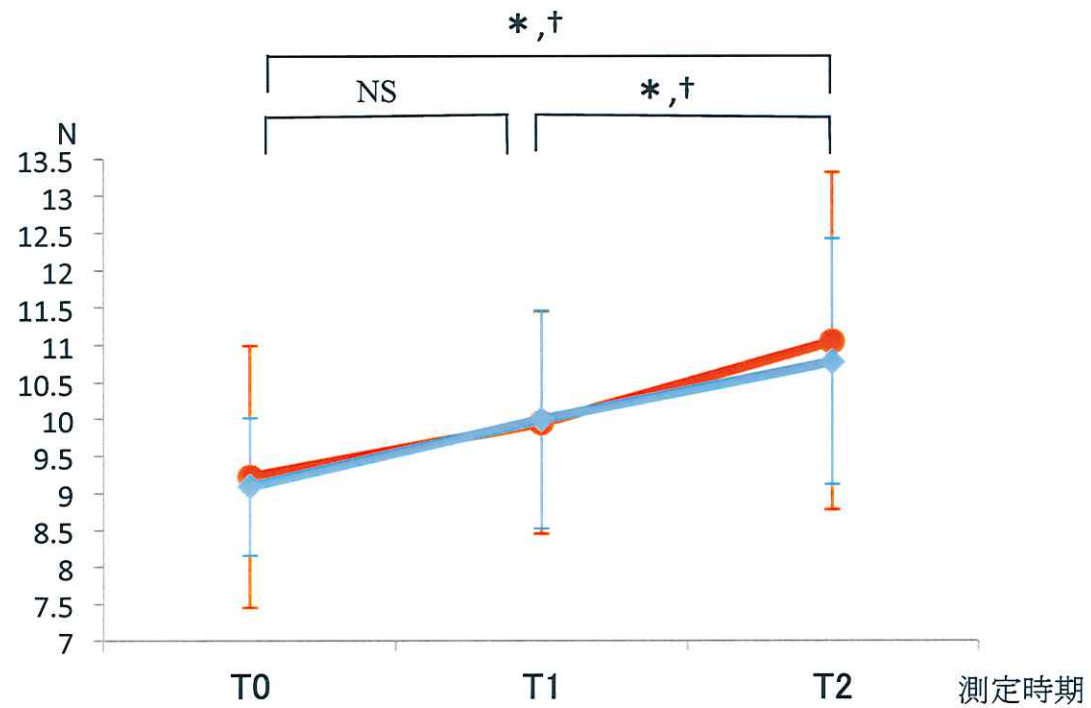
Comparisons by Kruskal-Wallis and post hoc Bonferroni correction

FR-II群: ●—●, \* : <0.05      TBA群: ◆—◆, † : <0.05

NS: Not significant

図11. 舌圧の経時的変化

T0: 初回検査時, T1: 装置装着から6か月経過時, T2: 1年経過時



Comparisons by Kruskal-Wallis and post hoc Bonferroni correction  
 FR-II群 : ●—● , \* : <0.05 TBA群 : ◆—◆ , † : <0.05  
 NS:Not significant

図12. 最大口唇閉鎖力の経時的変化

T0 : 初回検査時, T1:装置装着から6か月経過時, T2:1年経過時

表1. 対象者の分類

	FR-II群		TBA群		FR-II群VS.TBA群
	Mean	SD	Mean	SD	
平均年齢 (歳)	9.1	2.7	10.0	3.1	NS
Rohrer index	124.5	23.6	124.1	17.8	NS
BMI	16.6	3.5	16.9	2.4	NS

Mann-Whitney U test      NS : Not significant

表2. FR-II群における側面セファロ分析の計測値

	T0		T2		T0 VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	
SNA (°)	81.0	2.6	81.3	2.5	NS
SNB (°)	75.5	3.0	77.1	2.6	*
ANB (°)	5.5	1.6	4.0	1.4	*
Facial angle (°)	83.3	2.0	84.5	1.7	*
FH-MP (°)	29.3	2.7	29.1	3.4	NS
Gonial angle (°)	124.5	6.7	125.0	7.3	NS
Ba-A (mm)	88.2	5.1	89.6	5.7	NS
Ba-Pog (mm)	77.3	5.8	79.8	6.4	*
UI-FH (°)	114.3	7.2	112.8	5.4	NS
L1-MP (°)	95.0	6.0	96.5	6.5	NS
Occ. P. (°)	13.6	2.8	13.6	2.8	NS
Overbite (mm)	3.8	1.7	3.3	1.3	NS
Overjet (mm)	6.3	2.3	4.3	1.3	*

Wilcoxon signed-rank test

\* : p < 0.05

NS: Not significant

T0 : 初回検査時, T2:1年経過時

表3. TBA群における側面セファロ分析の計測値

	T0		T2		T0 VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	
SNA (°)	80.5	2.1	80.8	2.2	NS
SNB (°)	73.9	2.2	75.5	2.2	*
ANB (°)	6.6	1.6	5.1	1.5	*
Facial angle (°)	83.4	2.5	84.3	2.7	*
FH-MP (°)	31.3	2.5	32.1	2.4	NS
Gonial angle (°)	123.5	4.3	124.8	4.5	NS
Ba-A (mm)	87.6	3.4	89.0	3.4	NS
Ba-Pog (mm)	75.7	3.9	79.2	3.4	*
U1-FH (°)	114.1	6.4	115.1	4.3	NS
L1-MP (°)	95.2	3.2	96.1	3.7	NS
Occ. P. (°)	13.9	3.4	13.8	2.6	NS
Overbite (mm)	2.7	2.4	2.3	2.2	NS
Overjet (mm)	7.0	3.1	4.4	2.5	*

Wilcoxon signed-rank test

\* : p < 0.05

NS: Not significant

T0 : 初回検査時, T2: 1年経過時

表4. FR- II 群の舌圧および最大口唇閉鎖力の経時的変化

計測項目	FR- II 群						p		
	T0		T1		T2		T0 VS.T1	T1VS.T2	T0VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
最大舌圧 (kPa)	27.8	4.7	31.3	4.1	35.9	2.4	*	*	*
嚥下時舌圧 (kPa)	15.0	4.7	16.9	6.1	23.0	5.4	NS	*	*
最大口唇閉鎖力 (N)	9.2	1.8	10.0	1.5	11.0	2.3	NS	*	*

Wilcoxon signed-rank test      \* : p<0.05      NS:Not significant

T0 : 初回検査時, T1:装置装着から6か月経過時, T2:1年経過時

表5. TBA群の舌圧および最大口唇閉鎖力の経時的変化

計測項目	TBA群						p		
	T0		T1		T2		T0 VS.T1	T1VS.T2	T0VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
最大舌圧 (kPa)	26.3	3.4	35.3	5.2	37.4	5.0	*	NS	*
嚥下時舌圧 (kPa)	13.2	3.5	14.5	4.2	16.0	4.5	NS	NS	NS
最大口唇閉鎖力 (N)	9.1	0.9	10.0	1.5	11.0	2.3	NS	*	*

Comparisons by Kruskal-Wallis and post hoc Bonferroni correction \* : p<0.05 NS: Not significant

T0 : 初回検査時, T1:装置装着から6か月経過時, T2:1年経過時

表6. FR-Ⅱ群およびTBAの口蓋容積の経時的変化

計測項目	FR-Ⅱ群					TBA群				
	T0		T2		p	T0		T2		p
	Mean	SD	Mean	SD		T0VS.T2	Mean	SD	Mean	
口蓋容積 (mm <sup>3</sup> )	5006.6	469.0	5229.7	483.1	*	4915.0	250.8	5300.6	356.8	*

Wilcoxon signed-rank test \* : p<0.05

T0 : 初回検査時, T2:1年経過時



表7. FR-Ⅱ群における気道、舌および舌骨の計測値

	T0		T2		T0 VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	
SPAS (mm)	11.6	4.1	12.5	3.1	*
MAS (mm)	12.5	2.7	14.4	4.5	*
IAS (mm)	8.4	1.7	9.5	1.5	*
舌骨前後径 (mm)	32.2	5.1	34.1	3.6	*
舌骨の上下径 (mm)	9.4	3.3	10.4	4.2	NS
舌高 (mm)	33.1	5.5	35.1	5.3	NS
舌長 (mm)	66.1	11.1	69.8	7.1	*
咽頭上部 (mm <sup>2</sup> )	141.7	48.6	163.6	53.5	*
咽頭中部 (mm <sup>2</sup> )	380.0	102.8	479.7	130.8	*
咽頭下部 (mm <sup>2</sup> )	134.5	79.6	183.4	131.1	*
舌面積 (mm <sup>2</sup> )	2112.6	340.2	2556.6	608.4	*

Wilcoxon signed-rank test

\* : p<0.05

NS : Not significant

T0 : 初回検査時, T2:1年経過時

表8. TBA群における気道，舌および舌骨の計測値

	T0		T2		T0 VS.T2
	Mean	SD	Mean	SD	
SPAS (mm)	9.3	2.5	11.7	3.4	*
MAS (mm)	11.0	2.7	12.7	3.2	*
IAS (mm)	7.6	2.5	9.5	2.2	*
舌骨前後径 (mm)	31.2	2.5	34.3	3.0	*
舌骨の上下径 (mm)	10.0	5.3	10.5	6.0	NS
舌高 (mm)	32.4	4.3	34.2	3.4	*
舌長 (mm)	65.9	3.7	68.0	5.9	NS
咽頭上部 (mm <sup>2</sup> )	120.7	37.8	136.9	44.1	*
咽頭中部 (mm <sup>2</sup> )	378.8	83.9	466.2	115.1	*
咽頭下部 (mm <sup>2</sup> )	129.1	56.5	175.0	60.5	*
舌面積 (mm <sup>2</sup> )	2227.5	295.2	2529.6	351.4	*

Wilcoxon signed-rank test

\* : p<0.05

NS : Not significant

T0 : 初回検査時, T2 : 1年経過時

表9. FR-Ⅱ群およびTBAのFEV<sub>1</sub>, 鼻腔抵抗値の経時的変化

計測項目	FR-Ⅱ群					TBA群				
	T0		T2		p	T0		T2		p
	Mean	SD	Mean	SD	T0VS.T2	Mean	SD	Mean	SD	T0VS.T2
FEV <sub>1</sub>	1.51	0.30	1.89	0.30	*	1.74	0.28	2.00	0.47	*
P(100)In (Pa/cm <sup>3</sup> /s)	0.41	0.17	0.38	0.11	NS	0.57	0.43	0.47	0.23	NS

Wilcoxon signed-rank test

\* : p<0.05

NS : Not significant

T0 : 初回検査時, T2:1年経過時