

論文題目

下顎骨偏位を伴う骨格性下顎前突者の外科的矯正  
治療前後におけるスマイル時の軟組織運動

中根 隆

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学講座

(主指導教員:影山 徹 准教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Title

Soft tissue movements during smiling in patients  
with mandibular protrusion and mandibular  
deviation before and after orthognathic surgery

Takashi Nakane

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral  
Medicine

(Chief Academic Advisor : Associate Professor Toru Kageyama)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,  
Matsumoto Dental University, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

## 【目的】

外科的矯正治療後の骨格性下顎前突者におけるスマイル時の軟組織の動きは、外科的矯正治療後に口角の外上方への移動量が増加することが報告されている。また、下顎骨偏位を伴う骨格性下顎前突者では、口唇閉鎖時とスマイル時の口唇の位置の非対称性が改善し、偏位側と非偏位側の口唇の表面積の非対称が改善することが示されている。しかしながら、偏位を伴う骨格性下顎前突者の外科的矯正治療後のスマイル時の口唇と頬部の垂直、水平、前後の動きの3次元的变化の詳細は明らかにされていない。そこで、本研究では、偏位を伴う下顎前突者の外科的矯正治療前後のスマイル時の口唇と頬部の動きをステレオカメラで3次元的に解析し、個性正常咬合者群と比較した。

## 【資料及び方法】

被験者は、松本歯科大学病院矯正歯科を受診し、外科的矯正治療の適応と診断された偏位を伴う下顎前突を呈する顎変形症患者（以下、偏位下前群）で保定が1年終了した8名（初診時平均年齢  $21.7 \pm 6.6$  歳、男性2名、女性6名）を対象とした。対象群として個性正常咬合者8名（以下、正常群：平均年齢  $27.0 \pm 1.7$  歳、平均 ANB  $3.0 \pm 1.2^\circ$  男性2名、女性6名）を対象とした。

スマイルの計測には **Posed smile** を用い、上下口唇中央部、左右口角、左右頬部の軟組織の安静時からスマイル時への3次元の移動様相についてステレオ写真を用いて3次元的に評価した。また、側面頭部エックス線規格写真と正面頭部エックス線規格写真を計測して外科的矯正治療前後の形態変化を解析した。

## 【結果および考察】

治療前の偏位下前群の口唇では、非偏位側口角の上方移動量が偏位側に比べ、有意に大きい値を示し、偏位側が非偏位側よりもより外方に移動した。また、下唇中央部も有意差は示さないものの上唇中央部よりも大きい後方移動量を示した。これは、偏位症例の口角は偏位側が非偏位側より上方にある<sup>15)</sup>ため、本藤らが考察しているように非偏位側口角が偏位側口角よりも上方へ移動することで、スマイル時に軟組織の非対称を補償し、前後

方向では下顎骨突出にあわせて下唇の方が上唇よりも前方へ突出しているため、口唇をラバーバンド状に被う口輪筋が下唇を後方へ牽引していると考えられた。

治療後の偏位下前群の口唇では、非偏位側口角の外方移動量の増加と偏位側口角の垂直移動量の増加により、偏位側と非偏位側口角の3方向の非対称性は改善し、対称なスマイルを示した。このスマイル運動の対称性の改善は、手術による上下顎骨の水平的非対称性の改善によるスマイル運動に関与する筋肉の付着部の非対称性の改善に伴うものと考えられた。また、偏位側と非偏位側の口角部の水平方向と垂直方向の口角の移動量の増加がともに増加した。この要因は、治療後の下顎骨の後方移動と垂直的下顔面高の減少により、口唇のまわりの軟組織に余裕が生じ、スマイル時にラバーバンド状の口輪筋を牽引する大頬骨筋が牽引しやすくなり、非偏位側口角の水平方向と偏位側口角の垂直方向の移動量が増加したことによると推察された。

頬部では、治療前後ともに偏位側と非偏位側で非対称例は見られず、治療前は正常群との差は見られなかったが、治療後、非偏位側頬部の前方移動量が有意に増加し、偏位側頬部も有意差は無いが増加した。これは、本研究で下顎骨が後退した結果、硬組織に対する顔面軟組織の量が増えたため、スマイル時に偏位側と非偏位側の頬部が、より前方に移動した可能性が考えられた。

正常咬合者と偏位下前群の治療前と治療後の比較では、治療前の非偏位側口角水平距離と偏位側口角前後距離が有意に小さい値を示した。治療後は、非偏位側口角水平距離は増加して、正常咬合者と差は無くなったが、偏位側と非偏位側の口角前後距離は、ともに有意に小さい値を示した。また、下唇中央部前後距離も治療後、正常咬合者に比べ有意に小さい値を示した。これは、下顎骨の後退により下顎骨の前後の奥行きが減少したのに対し、軟組織の容量は変化しないことから、偏位側と非偏位側の口角および下唇中央部の後方移動量が減少した可能性が考えられた。以上、本研究から、外科的矯正治療により偏位を伴う骨格性下顎前突者の非対称なスマイルの改善が示された。

論文題目

下顎骨偏位を伴う骨格性下顎前突者の外科的矯正  
治療前後におけるスマイル時の軟組織運動

中根 隆

大学院歯学独立研究科 硬組織疾患制御再建学講座

(主指導教員:影山 徹 准教授)

松本歯科大学大学院歯学独立研究科博士(歯学)学位申請論文

Title

Soft tissue movements during smiling in patients  
with mandibular protrusion and mandibular deviation  
before and after orthognathic surgery

Takashi Nakane

Department of Hard Tissue Research, Graduate School of Oral  
Medicine

(Chief Academic Advisor : Associate Professor Toru Kageyama)

The thesis submitted to the Graduate School of Oral Medicine,  
MatsumotoDentalUniversity, for the degree Ph.D. (in Dentistry)

## 緒言

不正咬合者のスマイル時の口唇運動について、骨格性下顎前突患者ではスマイル時の軟組織の移動量と顎顔面形態が関連することが示されている<sup>1,2)</sup>。すなわち骨格性下顎前突患者では、スマイル時に下唇は下方、側方に大きく動き、後方への動きは小さく、一方、上唇、口角、頬部の動きは小さく、特に上方および側方への動きが制限され、咬合異常が自然なスマイルの妨げとなっていることが考えられている<sup>1,2)</sup>。一方、外科的矯正治療後の骨格性下顎前突者のスマイル時の軟組織の動きについては、安静時とスマイル時の口角の位置の変化について検討され、下顎前突症では、外科的矯正治療後に口角の外上方への移動量が増加することが報告されている<sup>2)</sup>。また、下顎骨偏位を伴う骨格性下顎前突者（以下、偏位下顎前群）では、口唇閉鎖時とスマイル時の口唇の位置の非対称性が改善し、偏位側と非偏位側の口唇の表面積の非対称が改善することが示されている<sup>3)</sup>。しかしながら、偏位を伴う骨格性下顎前突者の外科的矯正治療後のスマイル時の口唇と頬部の垂直方向、水平方向、前後方向の動きの三次元的変化の詳細は明らかにされていない。そこで、本研究では、偏位を伴う下顎前突者の外科的矯正治療前後におけるスマイル時の口唇と頬部の動きをステレオカメラで三次元的に解析し、個性正常咬合者と比較した。

## 被験者と方法

### 1.被験者

被験者は松本歯科大学病院矯正歯科を受診し、外科的矯正治療の適応と診断された偏位を伴う下顎前突を呈する顎変形症患者で保定が1年終了した8名（初診時平均年齢  $21.7 \pm 6.6$  歳、男性2名、女性6名）を対象とした。手術方法は、Le Fort I 型 + 下顎枝矢状分割骨切り（Two jaw 群）4名、下顎枝矢状分割骨切り単独（One jaw 群）4名であった。本研究では、One jaw 群と Two jaw 群 を1つのグループ（以下、偏位下前群）として、治療前後のスマイル運動を計測した。被検者の除外

基準は、下顎骨 Me 偏位量 4mm 未満、歯数の過不足（智歯を除く）、前歯部開咬、先天性疾患、顎関節症状とした。すべての被験者は上顎両側第一小臼歯を抜去し術前矯正治療（平均 2 年 3 か月 ± 8.6 か月）を行った。

対象群として個性正常咬合者 8 名（以下正常群：平均年齢  $27.0 \pm 1.7$  歳，平均 ANB  $3.0 \pm 1.2^\circ$  男性 2 名，女性 6 名）を対象とした。本研究は松本歯科大学倫理委員会に認可され（No.251），被験者に対して研究に対する趣旨を説明し，同意を得た。

## 2. 方法

### 1) ステレオカメラ撮影

本研究で使用したステレオカメラシステムの構成を示す(図 1-1)。2 台のカメラとプロジェクターは被写体の真正面に上からカメラ，プロジェクター，カメラの順で縦一列になるように設置し，カメラ 2 台，プロジェクターをそれぞれ三脚で固定した。カメラの 1 台は被写体の正面，もう一台は被写体を上方 45 度から撮影する向きで設置した。カメラから被写体までの距離は 1.3m とした。カメラには一眼レフレンズ（AF NIKKOR 28mm F2.8D，ニコン（株），東京）を装着したデジタルカメラ（ニコンデジタルカメラ D90，ニコン（株），東京）を 2 台使用した。撮影は赤外線レリーズを使用し，2 台同時に撮影した。作成したステレオ写真の画像データは SD カード（Transcend）からノートパソコン（Vostro 3500，DELL，USA）に取り込み，スマイル時の軟組織の口唇運動の三次元計測には，三次元計測ソフト（3D イメージメジャー QM-3000，株式会社トプコンテクノハウス，東京）を使用した。カメラの主点位置，画面（焦点）距離，レンズ歪みを求めるために，カメラのキャリブレーションはカメラキャリブレーションソフトウェア（QMCalib，株式会社トプコンテクノハウス，東京）を用いて行った。

### (1) 基準点の検証

安静時とスマイル時の口唇運動の基準点には，石川ら<sup>1)</sup>の研究によってスマイル時に皮膚の動きが少ない安定した点として示されている

両側内眼角から 40mm 上方の点，鼻尖の 3 点を用いることとした(図 1-2)．これら 3 点の安定性を検証するため，被験者 3 名の両側内眼角から 40mm 上方の点，鼻尖の 3 か所の皮膚上にレトロターゲットを貼付し，Posed smile を 5 回 1 セットとして日時を変えて 2 セットの計 10 回撮影した．これら 3 点の三次元座標を算出し，Dahlberg's formula を用いて再現性を検討した．

## (2)ステレオ画像計測の手順

- ①被験者にレトロターゲットを貼り付けた．貼付位置は，座標の基準点となる 3 点（左右内眼角から 40mm 上方の点，鼻尖）に加え，上唇中央部，下唇中央部，左右口角，左右頬部を，軟組織の計測点として用いた．頬部の貼付位置は，左右鼻翼下縁を結んだ線と，瞳孔からこの線に対する垂線との交点とした．
- ②石川らの研究<sup>1)</sup>と同様に基準点として設定した左右額および鼻尖の 3 点を結んでできる基準三角形の重心を原点として，三次元直行座標を構築した．すなわち，左右額を結んだ辺に平行で基準三角形の重心を通る横方向の線を X 軸とし，X 軸に直交し原点を通る線で上下方向を示す直線を Y 軸，基準三角形に直交し，原点を通る線で前後方向を示す線を Z 軸とした．被験者の正面顔面像において水平方向は偏位側を＋，垂直方向では上方を＋，前後方向は前方を＋の座標値とした．
- ③ 2 台のカメラのキャリブレーションをキャリブレーションソフト（カメラキャリブレーションソフトウェア QMCalib，株式会社トプコンテクノハウス，東京）を用いて行った．
- ④プロジェクターを用いて写真撮影の照度を一定にするためにホワイトパターンの白色光を顔の表面に映し出し，頭部固定は行わず，口唇閉鎖時とスマイル時の写真を 2 台のカメラで赤外線レリーズを用いて撮影した．この際，長さを示す基準尺も一緒に撮影した．本研究では，スマイルとして口唇運動の再現性を高くするために，自発的スマイルに類似して再現性の高い Posed smile を採用した<sup>4)</sup>．
- ⑤ 2 台のカメラで撮影した画像を PC（Vostro3500，DELL,USA）に

取り込み、三次元解析ソフトウェア（QM-3000，株式会社トプコンテクノハウス，東京）でステレオペア画像を作成し，標定作業を行った（図 1-3）．座標の基準となるレトロターゲットを貼り付けた 2 枚のステレオペア画像から，左右の共通のレトロターゲットを関連づけ，2 台のカメラの位置（カメラ間距離），カメラの回転角（カメラの向き），ポイントの座標を測定した．

この解析を安静時，スマイル時で行い，レトロターゲットを貼付した上唇中央部，下唇中央部，左右口角，左右頬部の口唇閉鎖時からスマイル時の三次元的移動を解析した．

## 2) 側面セファログラム写真と正面セファログラム写真

閉唇，咬頭嵌合位で撮影した側面セファログラムおよび正面セファログラムをトレースした．側面頭部エックス線規格写真では，SNA, SNB, ANB, U1-SN, IMPA, FMA, 下顔面高を計測した（図 2）．正面頭部エックス線規格写真では，Sassouni による分析<sup>5)</sup>に順じ，lateroorbitale to lateroorbitale line（眼窩縁と斜眼窩縁との交点を結んだ線 Lo-Lo'）を水平基準線 Lo-Lo'とし，Lo-Lo'の垂直二等分線を VP とした．これを基準線として，上顎骨高，上顎骨幅，下顎骨高，下顎骨幅，下顎骨偏位量を計測し（図 3），上顎骨高，上顎骨幅，下顎骨高，下顎骨幅については，偏位側から非偏位側を引いた値の絶対値を上顎骨高差，上顎骨幅差，下顎骨高差，下顎骨幅差として治療前後で比較した．

## 3) 統計解析

治療前と治療後の口唇と頬部のスマイル時の運動量と正面セファログラムの計測項目の下顎骨の偏位側と非偏位側の値を Wilcoxon 検定で比較した．また，治療前と治療後の側面と正面セファログラムの計測値および口唇と頬部のスマイル時の運動量について Wilcoxon 検定を用いて比較した．偏位下前群の治療前と正常群，偏位下前群の治療後と正常群の口唇と頬部のスマイル時の運動量について Mann-Whitney U 検定を用いて比較した．



## 結果

### 1.ステレオカメラの基準点の再現性

左側内眼角から 40mm 上方の点，右側内眼角から 40mm 上方の点，鼻尖の三次元座標の Dahlberg's formula の結果を表 1 に示す．測定誤差は 0.019～0.557mm を示した．

### 2.側面セファログラム写真および正面セファログラム写真の治療前後の比較（表 2，表 3）

One jaw 群と Two jaw 群の治療前後の顔面形態の変化を表 2 に示す．One jaw 群の治療前後の変化は，SNA は  $77.1^{\circ}$  から  $77.9^{\circ}$  と変化量 ( $0.8^{\circ}$ ) は少なく，SNB が  $80.1^{\circ}$  から  $78.0^{\circ}$  に減少した結果，ANB は  $-3.0^{\circ}$  から  $-0.1^{\circ}$  と  $2.9^{\circ}$  増加し，下顔面高は 81.0mm から 76.1mm と 4.9mm 減少し，Me 偏位量は 3.3 mm から 0.5 mm と 2.8mm 改善した．Two jaw 群では，SNA は  $82.6^{\circ}$  から  $83.4^{\circ}$  と増加 ( $0.8^{\circ}$ ) は少なく，SNB が  $88.8^{\circ}$  から  $83.4^{\circ}$  に減少し，ANB は  $-5.4^{\circ}$  から  $0.0^{\circ}$  と  $5.4^{\circ}$  増加した．下顔面高は 77.5mm から 73.6mm と 3.9mm 減少し，Me 偏位量は 5.3 mm から 2.1mm と 3.2mm 改善した．

以上より，One jaw 群と Two jaw 群の外科的矯正治療後の前後的変化量は，SNA の増加量（One jaw 群  $0.8^{\circ}$ ，Two jaw 群  $0.8^{\circ}$ ）は両群ともに少なく，下顎骨の後退で前後的位置異常が改善し（SNB 減少量：One jaw 群  $2.1^{\circ}$ ，Two jaw 群  $5.4^{\circ}$ ），下顎骨の Me 偏位量の改善量もほぼ同量（One jaw 群 2.8mm，Two jaw 群 3.2mm）で，垂直的な計測項目の下顔面高の変化量（One jaw 群 4.9mm，Two jaw 群 3.9mm）も大きな差はみられなかったことから，本研究では One jaw 群 4 名と Two jaw 群 4 名の合計 8 名を 1 つのグループの偏位下前群として解析した．

偏位下前群 8 人の治療前後の側面セファログラムと正面セファログラムの比較（表 3）では，SNB, Me 偏位量，下顔面高は有意に減少し，ANB は有意に増加した．すなわち，下顎骨が有意に後退し，下顎偏位量の有意な改善，下顔面高の有意な減少がみられた．

### 3.治療前後における口唇と頬部のスマイル時の軟組織運動の対称性

偏位下前群の治療前と治療後におけるスマイル時の口角と頬部の三次元方向の移動量の偏位側と非偏位側の比較を表 4 に示す.

治療前の口角部では, 偏位側口角は上方に 7.8mm, 後方に 5.1mm, 外方に 5.5mm, 非偏位側口角は上方に 8.7mm, 後方に 8.6mm, 外方に 3.5mm 移動し, 口角部水平距離は偏位側が非偏位側に対して有意に大きい移動量を示し, 垂直距離は非偏位側が非偏位側に比べ有意に大きい移動量を示した. すなわち, 治療前の口角はスマイル時に偏位側が非偏位側に比べ大きく外側へ移動し, 非偏位側が非偏位側に比べ大きく上方へ移動した.

治療後の口角では, 偏位側口角は上方に 9.1mm, 後方に 5.3mm, 外方に 5.7mm, 非偏位側口角は上方に 9.4mm, 後方に 4.4mm, 外方に 5.4mm 移動し, 偏位側口角と非偏位側口角の三次元方向の移動量に有意差は見られなかった.

治療前の頬部では, 偏位側頬部は上方に 3.7mm, 前方に 2.8mm, 外方に 3.4mm, 非偏位側頬部は上方に 4.2mm, 前方に 2.1mm, 外方に 2.1mm 移動し, 三次元方向ともに偏位側と非偏位側で有意差を示さなかった. すなわち, 治療前はスマイル時に偏位側と非偏位側の頬部は外上前方へ移動した. 治療後も, 偏位側と非偏位側の頬部は, 治療前と同様にスマイル時に外上前方へ移動し, 偏位側と非偏位側の間で有意差を示さなかった.

上唇中央と下唇中央の治療前と治療後におけるスマイル時の三次元方向の移動量の比較を表 5 に示す. 治療前, 上唇中央は上後方, 下唇中央は下後方へ移動し, 上唇中央と下唇中央の三次元方向の移動量の絶対値に有意差は見られなかった. 治療後も, 上唇中央は上後方, 下唇中央は下後方へ移動し, 上唇中央と下唇中央の三次元方向の移動量の絶対値に有意差は見られなかった.

偏位下前群の口角, 頬部, 上唇中央および下唇中央の治療前後におけるスマイル時の三次元方向の移動量の比較を表 6 と 図 4-1~6 に示す. 非偏位側口角前後距離が治療後有意に減少し, 非偏位側頬部前後距離

が治療後有意に増加した．また，治療前に偏位側口角に比べ有意に小さい値を示した非偏位側口角水平位距離と，非偏位側口角に比べ有意に小さい値を示した偏位側口角垂直距離は，それぞれ 3.5mm から 5.4mm，7.8mm から 9.1mm に増加した．

#### 4. 偏位下前群と正常群によるスマイル時の軟組織運動の比較

正常群と偏位下前群の治療前と治療後における安静時からスマイル時の口角と頬部（表 7-1~2），上下口唇中央部（表 8）の三次元方向の移動量の偏位側と非偏位側の比較を示す．治療前は，偏位下前群の偏位側口角前後距離と非偏位側口角水平距離が正常群に比べ有意に小さい移動量を示した．治療後は偏位側と非偏位側の口角前後距離は，ともに正常群に比べ有意に小さい移動量を示した．また，治療後の下唇中央部前後距離は正常群に比べ有意に小さい移動量を示した．

## 考察

### 1. 被験者と方法

スマイル運動の解析には，自然なスマイルと Posed smile が解析されてきた<sup>4, 5, 7)</sup>．Posed smile は再現性が高く<sup>8, 9, 10)</sup>，自然なスマイルに類似している<sup>9)</sup>ことから，本研究では Posed smile を解析対象とした．スマイル時の口唇の動きの男女差については，自然な笑顔では，有意差はないことが報告されている<sup>11)</sup>が，Posed smile では，男女差があることが示されている<sup>12)</sup>．本来であれば，男性あるいは女性に分けて，解析検討すべきであるが，本研究で調査できた偏位下前群は男性 2 名と女性 6 名と少なかった．そこで，本研究では偏位下前群と正常群の男女数を同数の男性 2 名と女性 6 名として，1 つのグループとして解析した．また，本研究では，下顎前突群の One jaw 群と Two jaw 群の上顎の手術による移動が少なかったことから，One jaw 群 4 名と Two jaw 群 4 名を 1 つのグループとして検討した．今後は人数を増やし，性差と手術法を考慮した検討が必要と考えている．

## 2. スマイル時の口唇と頬部の運動

スマイル時の口唇運動について、正常咬合者では口角は後上方に移動し、口角の方が上唇中央よりも三次元移動量が多いことが示されている<sup>11)</sup>。すなわち、口角の移動距離は上唇中央部に対して垂直方向には上唇中央の2倍、水平方向には7.6倍、前後方向には1.7倍と示されている<sup>11)</sup>。また、正面顎顔面骨格形態とスマイル時の軟組織の動きの関連については、正常咬合者では、左右対称な動きをすることが示されている<sup>11)</sup>。一方、不正咬合者のスマイルについては、AngleⅡ級1類上顎前突では、正常咬合者よりも上下口唇中央部に対してスマイル時に口角が下方に位置することが示されている<sup>13)</sup>。また、骨格性下顎前突者でも、正常咬合者よりスマイル時に口角は上下口唇中央部に対して口角は下方に位置することが示されている<sup>2)</sup>。偏位を伴う骨格性下顎前突症のスマイル時の口唇の運動については、非偏位側口角が偏位側よりも有意に大きく上方に移動し、下唇中央部の後方移動量が上唇中央部よりも有意に大きいことが示されている<sup>14)</sup>。本研究の偏位下前群の治療前でも、非偏位側口角の上方移動量が偏位側に比べ、有意に大きい値を示し同様な結果が得られた。また、下唇中央部も有意差は示さないものの上唇中央部よりも大きい後方移動量を示した。これは、偏位症例の口角は偏位側が非偏位側より上方にある<sup>15)</sup>ため、本藤ら<sup>14)</sup>が考察しているように非偏位側口角が偏位側口角よりも上方へ移動することで、スマイル時に軟組織の非対称を補償し、前後方向では下顎骨突出にあわせて下唇の方が上唇よりも前方へ突出しているため、口唇をラバーバンド状に被う口輪筋がスマイル時に下唇を後方へ牽引していると考えられた。

治療後のPosed smileについては、Islamら<sup>2)</sup>は写真を用いた二次元解析の研究で、骨格性下顎前突者では、外科的矯正治療後にスマイル時の口角の外上方への移動量が増加して、正常咬合者と類似することが示している。Mishimaら<sup>12)</sup>は、三次元的主成分分析により上唇の側方と後方へのシフトが増加することを示している。本研究でも、非偏位側と偏位側の口角は外方と上方への移動量に有意差はないが治療

後に増加した．また，非偏位側口角前後方向の移動距離が有意に減少し．偏位側口角前後方向とほぼ同様な移動量となった．その結果，治療前にみられた偏位側と非偏位側口角の3方向の非対称性は改善した．同じように偏位を伴う骨格性下顎前突者のスマイル運動を検討した藤澤ら<sup>3)</sup>は，治療前後の口唇の位置の変化について検討し，偏位側口角に変化が非偏位側口角に比べて小さく，口角の対称性は主に非偏位側の口角の位置が変化することにより改善を示したと報告している．本研究でも非偏位口角の前後方向と水平方向の移動量の変化量が大きかったが，偏位側口角の上方移動量も増加した．この違いは，本研究では，口角を上方に移動する **Posed smile** を検討し，藤澤ら<sup>3)</sup>は「イー」と発音する運動を検討した違いによると考えられた．

本研究の治療前に見られた非対称なスマイル時の水平方向と垂直方向の口角の移動は，非偏位側口角の水平距離と偏位側の垂直方向がともに増加して治療前の非対称性が改善した．このスマイル運動の対称性の改善は，手術による上下顎骨の水平的非対称性の改善によるスマイル運動に関与する筋肉の付着部の非対称性の改善に伴うものと考えられた．偏位側口角垂直方向と非偏位側口角水平方向の移動量の増加の要因は，治療後の下顎骨の後方移動と垂直的下顔面高の減少により，口唇のまわりの軟組織に余裕が生じ，スマイル時にラバーバンド状の口輪筋を牽引する大頬骨筋が牽引しやすくなり，非偏位側口角の水平方向と偏位側口角の垂直方向の移動量が増加したことによると推察された．

頬部では，治療前後ともに偏位側と非偏位側で非対称はみられず，治療前は正常群との差はみられなかったが，治療後，非偏位側頬部の前方移動量が有意に増加し，偏位側頬部も有意差は無いが増加した．これは，本研究で下顎骨が後退した結果，硬組織に対する顔面軟組織の量が増えたため，スマイル時に偏位側と非偏位側の頬部が，より前方に移動した可能性が考えられた．

正常咬合者の **Posed smile** との比較では，治療前の非偏位側口角水平距離と偏位側口角前後距離が有意に小さい値を示した．治療後は，

非偏位側口角水平距離は増加して、正常咬合者と差は無くなったが、偏位側と非偏位側の口角前後距離は、ともに有意に小さい値を示した。また、下唇中央部前後距離も治療後、正常咬合者に比べ有意に小さい値を示した。これは、下顎骨の後退により、下顎骨の前後の奥行きが減少したのに対し軟組織の容量は変化しないことから、偏位側と非偏位側の口角および下唇中央部の後方移動量が減少した可能性が考えられた。

以上、本研究から、外科的矯正治療により偏位を伴う骨格性下顎前突者の非対称なスマイルが改善が示された。本研究の被験者は、Two jaw 群の上顎の移動量が小さかったことから、One jaw 群と Two jaw 群を1つのグループとして検討した。今後は、上顎骨の移動量が大きく、咬合平面の左右差が大きい症例で Two jaw 症例の手術後のスマイル運動の変化も研究したいと考えている。また、男性と女性で、Posed smile に違いがあることも報告されている<sup>12)</sup>ことから、今後は、被験者を増やし、性差による分類も検討すべきと考えている。

稿を終えるにあたり、本研究に関してご指導とご高閲を受け賜りました山田一尋先生および松本歯科大学硬組織疾患制御再建学講座准教授影山徹先生に深甚なる感謝の意を表します。

本論文に関する著者の利益相反(COI)なし。

#### 引用文献

- 1) 石川貴子，斉藤陽子，村岡史麻，北原 亨，五百井秀樹，中島明彦 (2007)正常咬合者および顎変形症患者のスマイル動作の三次元解析. Orthod Waves-Jpn Ed 66: 92-105.
- 2) Islam R, Kitahara T, Naher L, Hara A and Nakata S (2010) Lip morphology changes following orthognathic surgery for Class III malocclusion. Angle Orthod 80: 344-353.
- 3) 藤澤靖子，赤池 駿，関屋利子，城所明光，中岡一敏，濱田良樹，

中村芳樹 (2018) 両側下顎枝矢状分割法を適用した下顎側方偏移を伴う骨格性下顎前突患者の治療前後のスマイルの三次元的変化. 日顎変形誌 27:175-182.

- 4) Ackerman JL, Ackerman MB, Brensinger CM and Landis JR (1998) A morphometric analysis of the posed smile. Clin Orth 1: 2-11
- 5) Sassouni V, Edward J.F (1971) Orthodontics in dental practice The C.V.Mosby Company Saint Louis 332-337.
- 6) Van der Geld PA, Oosterveld P, van Waas MAJ and Kuijpers-Jagtman AM (2007) Digital videographic measurement of tooth display and lip position in smiling and speech: reliability and clinical application. Am J Orthod Dentofacial Orthop 131: 301.e1-301.e8
- 7) Mishima K, Umeda H, Nakano A, Shiraishi R, Hori S and Ueyama Y (2014) Three-dimensional intra-rater and inter-rater reliability during a posed smile using a video-based motion analyzing system. J Craniomaxillofac Surg 42:428-431.
- 8) Hulsey CM (1970) An esthetic evaluation of lip-teeth relationships present in the smile. Am J Orthod 57(2):132-144.
- 9) Odyssia H, Alexander D and Stavros K (2010) Intraobserver reliability of the 2-Dimensional analysis of facial expressions. J Oral Maxillofac Surg 68:1498-1503.
- 10) Ackerman MB and Ackerman JL (2002) Smile analysis and design in the digital era. J Clin Orthod 36:221-236.
- 11) Sawyer AR, See M and Nduka C (2010) Quantitative analysis of normal smile with 3D stereophotogrammetry-an aid to facial reanimation. J Past Reconstr Aesthet Surg 63: 65-72.
- 12) Mishima K, Nakano A, Umeda H, Shiraishi R and Ueyama Y (2015) Gender differences in posed smiles using principal component analysis. J Craniomaxillofac Surg 43:144-148

- 13) Islam R, Kitahara T, Naher L, Hara A and Nakashima A  
(2009) Lip morphological changes in orthodontic treatment  
Class II division 1 malocclusion and normal occlusion at rest and  
on smiling. Angle Orthod 79: 256-264.
- 14) 本藤景子, 山田一尋 (2016) 下顎骨側方偏位量と骨格性下顎前  
突者のスマイル時の口唇運動と正面顎顔面骨格形態の関連.  
Orthod Waves-Jpn Ed 75: 89-96.
- 15) Proffit WR, Philips C and Dann C (1990) Who seeks  
surgical-orthodontic treatment? Int J Adult Orthod Orthognath  
Surg 5: 153-160.



## 図表の説明

図 1-1 ステレオカメラのシステム構成

図 1-2 レトロターゲットの貼付位置と基準点

図 1-3 ステレオペア画像の標定作業

図 2 側面頭部エックス線規格写真の分析

図 3 正面頭部エックス線規格写真の分析

図 4-1 上唇中央部の治療前後における移動量の変化

図 4-2 下唇中央部の治療前後における移動量の変化

図 4-3 偏位側口角の治療前後における移動量の変化

図 4-4 非偏位側口角の治療前後における移動量の変化

図 4-5 偏位側頬部の治療前後における移動量の変化

表 1 ステレオカメラの基準点の再現性

表 2 One jaw 群と Two jaw 群の治療前後における側面および正面セファログラムの計測値の変化

表 3 偏位下前群の側面セファログラムと正面セファログラムの計測値による治療前後の変化

表 4 治療前後におけるスマイル時の口角，頬部の偏位側と非偏位側の移動量の比較

表 5 治療前後におけるスマイル時の上唇中央と下唇中央の移動量の比較

表 6 口唇と頬部におけるスマイル時の三次元移動量の治療前後の比較

表 7-1 正常群と偏位下前群によるスマイル時の口角と頬部の偏位側と非偏位側の治療前における三次元移動量の比較

表 7-2 正常群と偏位下前群によるスマイル時の口角と頬部の偏位側と非偏位側の治療後における三次元移動量の比較

表 8 正常群と偏位下前群によるスマイル時の上唇中央と下唇中央の三次元移動量の比較



図1-1 ステレオカメラのシステム構成

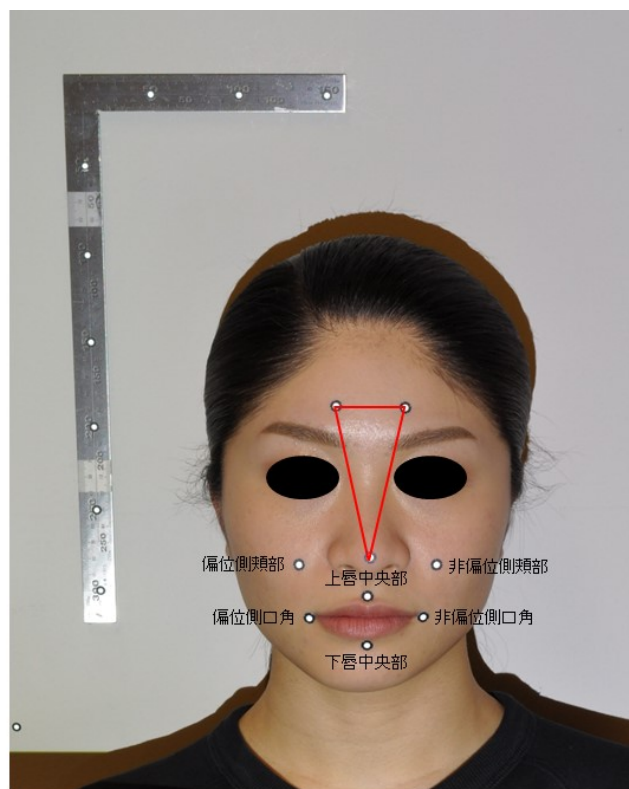


図1-2 レトロターゲットの貼付位置と基準点

口唇閉鎖時とスマイル時のステレオペア画像作成



カメラA:口唇閉鎖時  
標定作業による座標設定

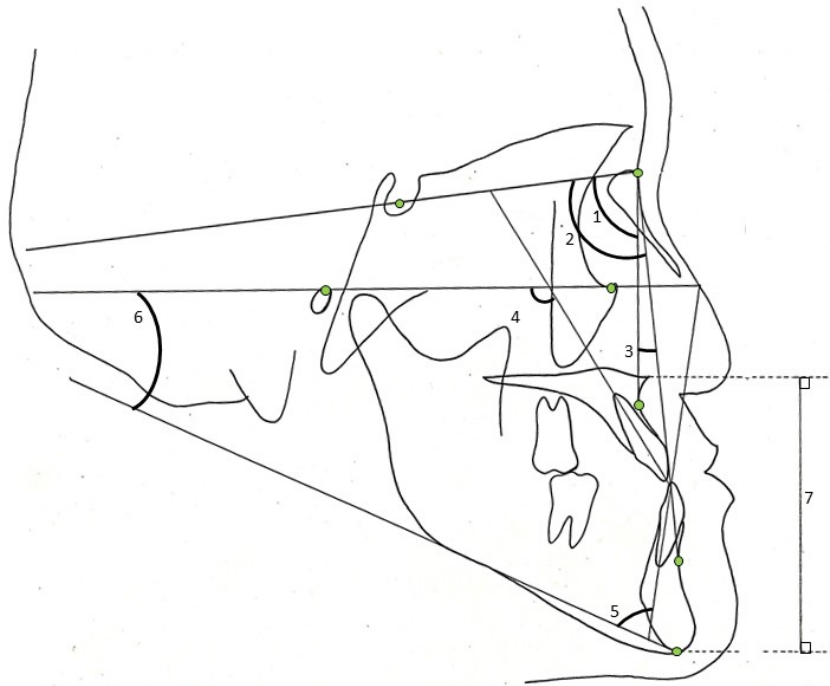
カメラB:口唇閉鎖時

カメラA:スマイル時

カメラB:スマイル時



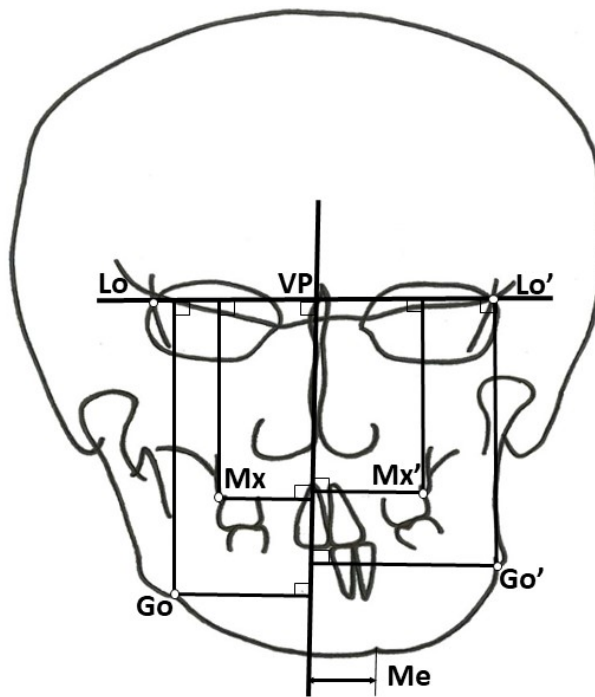
図1-3 ステレオペア画像の標定作業



測定項目

- 1.SNA( $^{\circ}$ ) 2.SNB( $^{\circ}$ ) 3.ANB( $^{\circ}$ ) 4.U1-FH( $^{\circ}$ ) 5.IMPA( $^{\circ}$ ) 6.FMA( $^{\circ}$ )  
 7. 下顔面高(mm)

図2 側面頭部エックス線規格写真の分析



### 基準点

Lo: 眼窩縁と斜眼窩縁との交点

VP: 左右のLo、Lo'を結んだ

直線の中点を通る垂線

Me: オトガイ部の最下点

### 測定項目

1. 上顎骨高: 点Mx, Mx'と直線LoLo'の距離
2. 下顎骨高: 点Go, Go'と直線LoLo'の距離
3. 上顎骨幅: 点Mx, Mx'と直線VPの距離
4. 下顎骨幅: 点Go, Go'と直線VPの距離
5. Me偏位量: Meと直線VPの距離

図3 正面頭部エックス線規格写真の分析

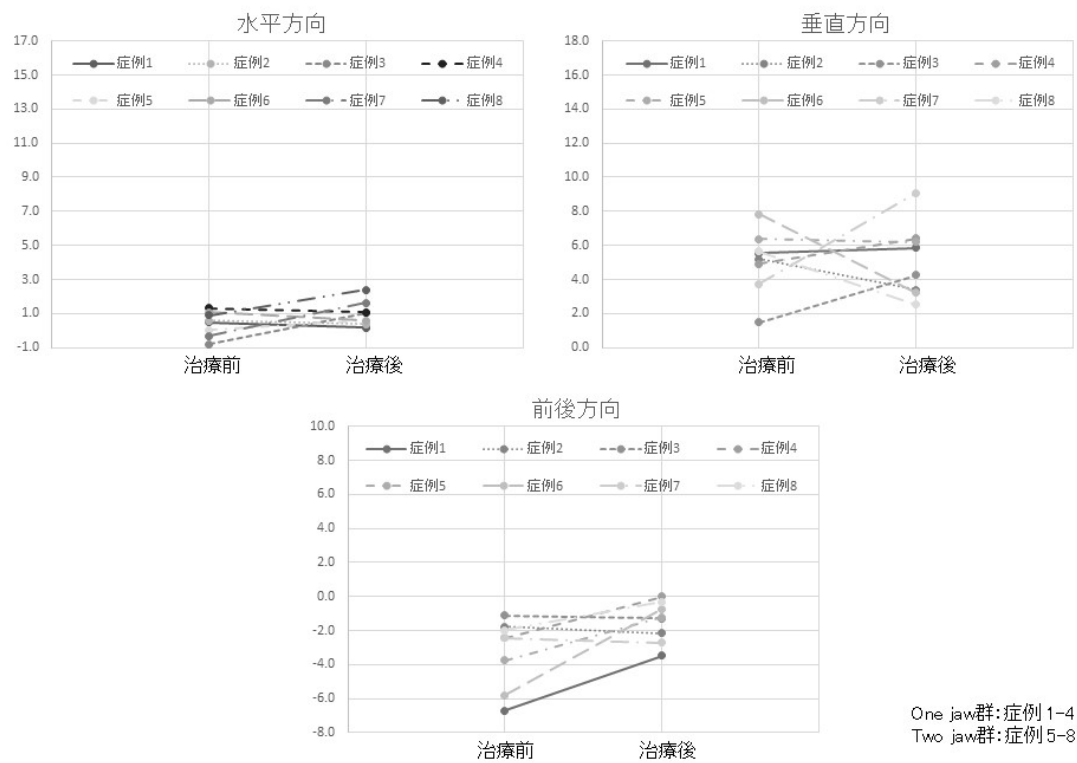


図4-1 上唇中央部の治療前後における移動量の変化

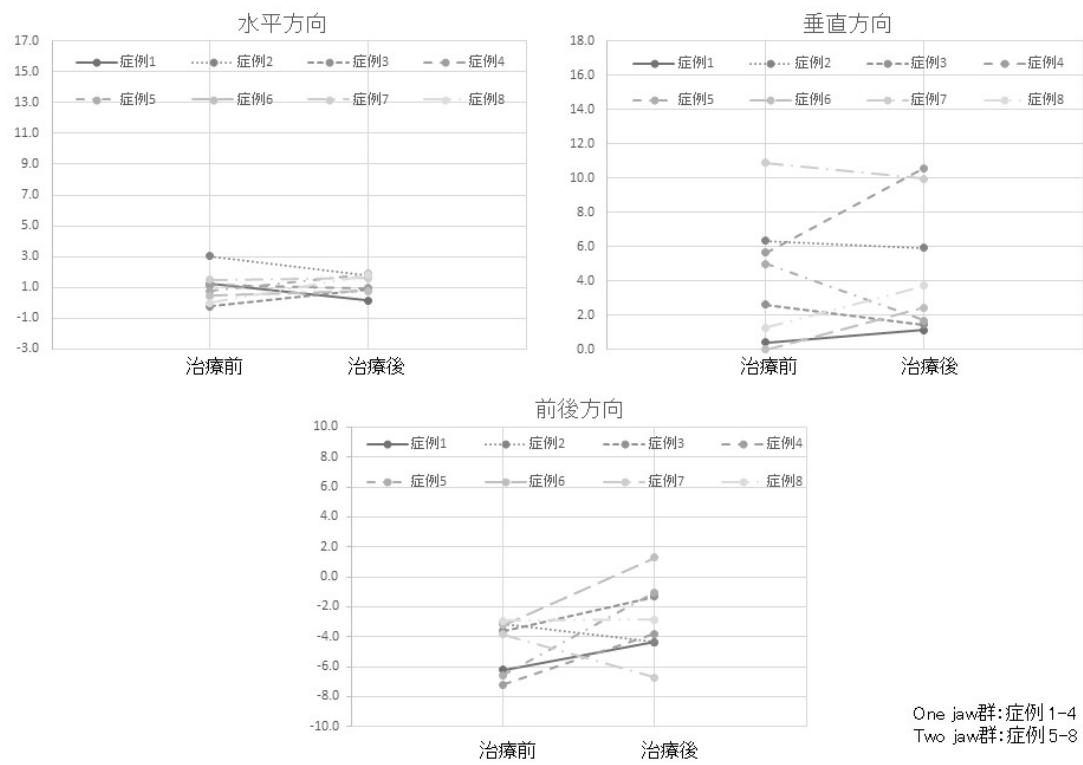


図4 -2 下唇中央部の治療前後における移動量の変化



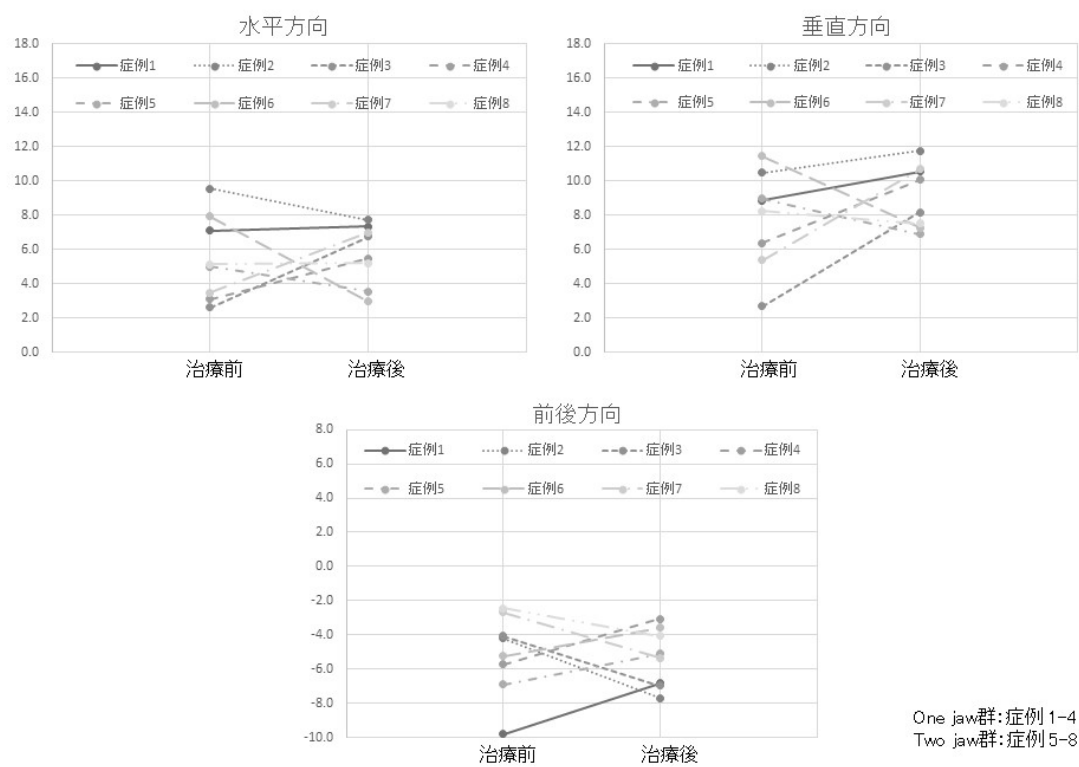


図4 -3 偏位側口角における治療前後の移動量の変化

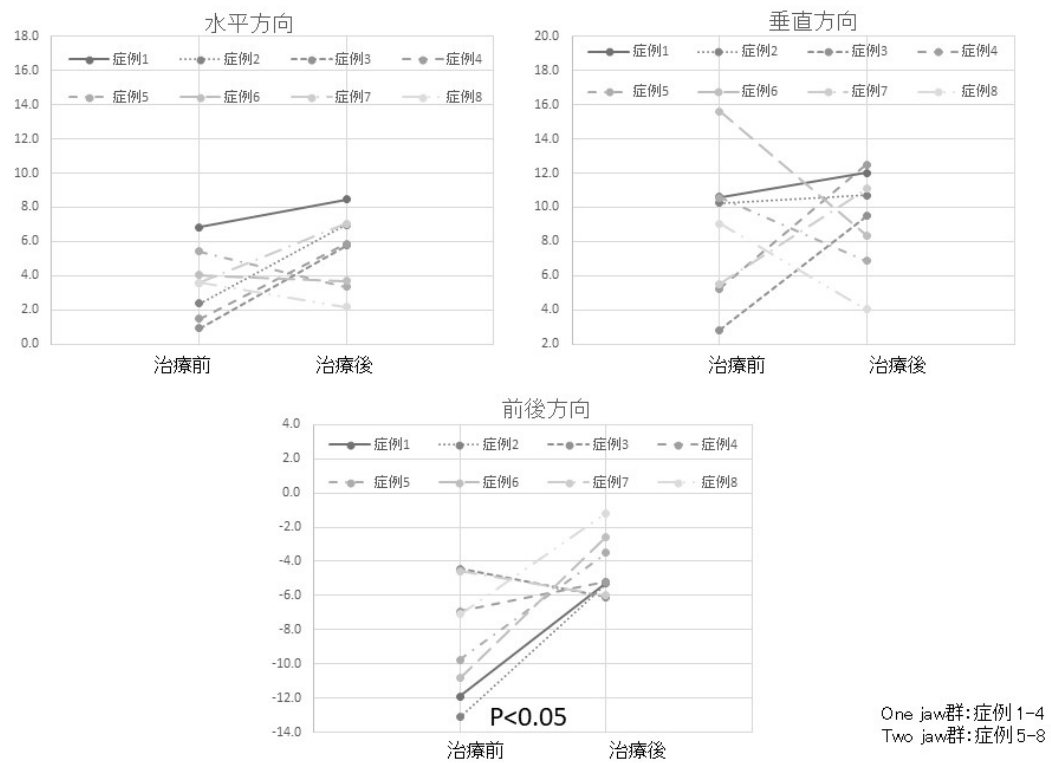


図4-4 非偏位側口角における治療前後の移動量の変化

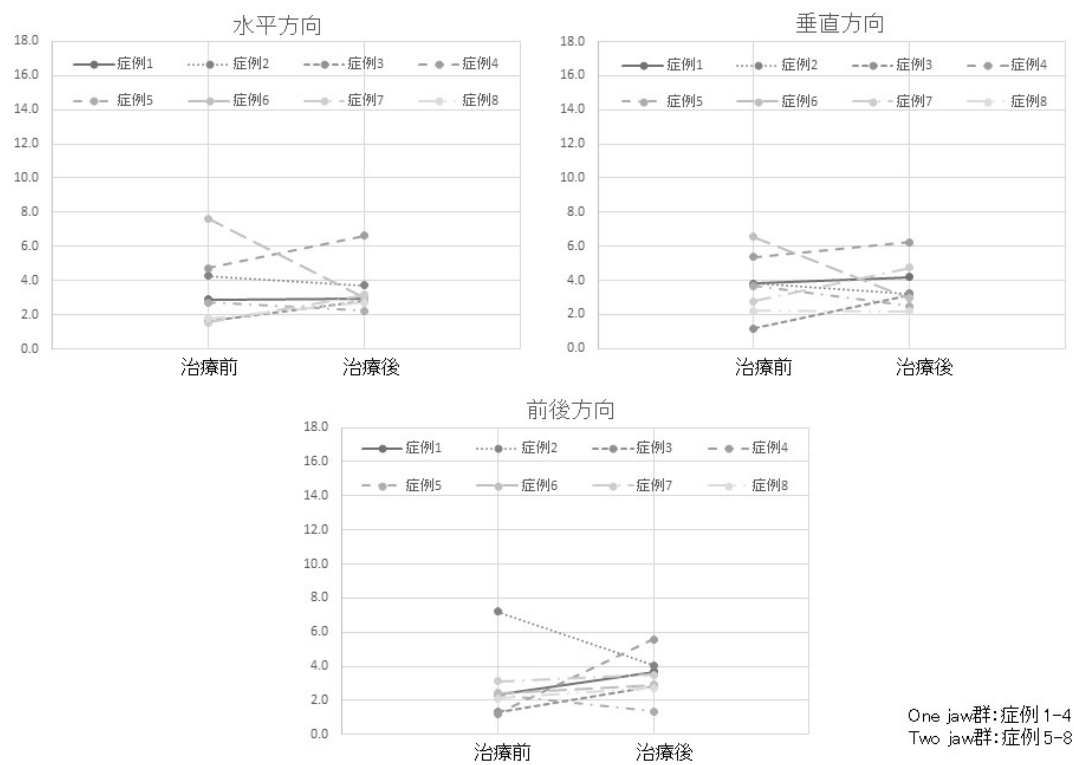


図4 -5 偏位側頬部における治療前後の移動量の変化

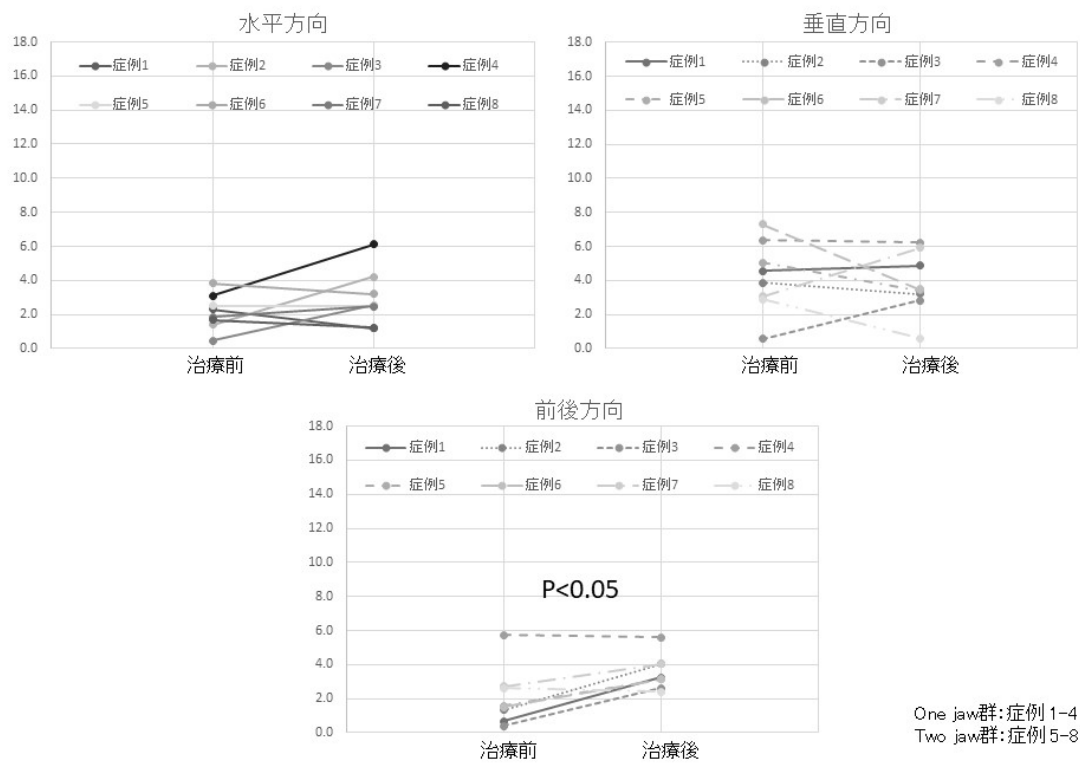


図4 -6 非偏位側頬部における治療前後の移動量の変化

表1 ステレオカメラの基準点の再現性

座標軸	X	Y	Z
左内眼角から40mm上方の点	0.219	0.457	0.065
右内眼角から40mm上方の点	0.433	0.170	0.046
鼻尖	0.301	0.557	0.019

単位：mm

表2 One jaw群とTwo jaw群の治療前後における側面および正面セファログラムの計測値の変化

	One jaw群				Two jaw群			
	治療前		治療後		治療前		治療後	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
SNA (°)	77.1	4.9	77.9	5.1	82.6	2.3	83.4	1.9
SNB (°)	80.1	4.8	78.0	4.8	88.8	1.7	83.4	0.9
ANB (°)	-3.0	2.3	-0.1	2.2	-5.4	1.9	0.0	1.8
FMA (°)	31.4	3.5	30.0	4.6	25.0	2.9	28.0	2.9
U1-FH (°)	114.0	9.5	116.5	8.6	124.8	8.2	122.0	7.3
IMPA (°)	76.1	7.7	86.0	2.6	80.9	9.6	85.8	11.1
FMIA (°)	72.4	5.7	64.0	6.2	74.1	7.2	66.3	13.4
上顎骨幅差 (mm)	0.4	0.8	-0.8	1.2	0.4	2.4	-0.5	0.6
下顎骨幅差 (mm)	2.4	0.9	2.0	1.4	3.8	4.2	0.0	1.4
上顎骨高差 (mm)	-1.0	1.7	0.9	2.3	-1.3	1.3	0.6	1.1
下顎骨高差 (mm)	1.0	2.2	1.5	3.3	1.0	3.5	2.0	2.5
Me偏位量 (mm)	3.3	1.9	0.5	0.6	5.3	1.9	2.1	2.0
下顔面高(mm)	81.0	8.8	76.1	6.5	77.5	7.9	73.6	6.4

表3 偏位下前群の側面セファログラムと正面セファログラムの計測値による治療前後の変化

計測値	治療前		治療後		p
	Mean	SD	Mean	SD	
SNA (°)	80.3	4.9	80.5	4.6	NS
SNB (°)	84.4	5.7	80.6	4.3	**
ANB (°)	-4.2	2.3	-0.1	1.8	**
FMA (°)	28.2	4.5	29.0	3.7	NS
U1-FH (°)	119.4	10.0	119.3	7.9	NS
IMPA (°)	78.5	8.5	85.9	7.5	NS
FMIA (°)	73.3	6.1	65.1	9.8	NS
上顎骨幅差 (mm)	1.6	1.1	0.9	0.6	NS
下顎骨幅差 (mm)	3.6	2.8	1.5	1.2	NS
上顎骨高差 (mm)	1.3	1.3	1.4	1.1	NS
下顎骨高差 (mm)	2.8	2.8	2.6	1.8	NS
Me偏位量 (mm)	4.3	2.0	1.3	1.6	**
下顔面高 (mm)	79.3	8.0	74.9	6.1	*

\*\*: $p<0.01$ ,\*: $p<0.05$ , NS:Not significant

表4 治療前後におけるスマイル時の口角，頬部の偏位側と非偏位側の移動量の比較

	治療前					治療後				
	偏位側		非偏位側		p	偏位側		非偏位側		p
	平均値	SD	平均値	SD		平均値	SD	平均値	SD	
口角水平距離	5.5	2.5	3.5	2.0	*	5.7	1.8	5.4	2.2	NS
口角垂直距離	7.8	2.9	8.7	4.0	*	9.1	1.9	9.4	2.9	NS
口角前後距離	-5.1	2.4	-8.6	3.3	NS	-5.3	1.7	-4.4	1.8	NS
頬部水平距離	3.4	2.1	2.1	1.0	NS	3.4	1.4	2.9	1.6	NS
頬部垂直距離	3.7	1.7	4.2	2.1	NS	3.6	1.3	3.8	1.8	NS
頬部前後距離	2.8	1.9	2.1	1.7	NS	3.3	1.2	3.5	1.0	NS

単位：mm, \*:p<0.05, NS:Not significant



表5 治療前後におけるスマイル時の上唇中央と下唇中央の移動量の比較

	治療前					治療後				
	上唇中央		下唇中央		p	上唇中央		下唇中央		p
	mean	SD	mean	SD		mean	SD	mean	SD	
水平方向	0.7	0.4	1.1	1.0	NS	1.0	0.7	1.2	0.6	NS
垂直方向	5.1	1.9	-4.0	3.7	NS	5.1	2.2	-4.6	3.8	NS
前後方向	-3.3	2.0	-4.6	1.8	NS	-1.5	1.2	-2.9	2.5	NS

単位：mm, NS:Not significant

表6 口唇と頬部におけるスマイル時の三次元移動量の治療前後の比較

	治療前		治療後		p
	mean	SD	mean	SD	
上唇中央部水平距離	0.7	0.4	1.0	0.7	NS
上唇中央部垂直距離	5.1	1.9	5.1	2.2	NS
上唇中央部前後距離	-3.3	2.0	-1.5	1.2	NS
下唇中央水平距離	1.1	1.0	1.2	0.6	NS
下唇中央垂直距離	4.0	3.7	4.6	3.8	NS
下唇中央前後距離	-4.6	1.8	-2.9	2.5	NS
偏位側口角水平距離	5.5	2.5	5.7	1.8	NS
偏位側口角垂直距離	7.8	2.9	9.1	1.9	NS
偏位側口角前後距離	-5.1	2.4	-5.3	1.7	NS
非偏位側口角水平距離	3.5	2.0	5.4	2.2	NS
非偏位側口角垂直距離	8.7	4.0	9.4	2.9	NS
非偏位側口角前後距離	-8.6	3.3	-4.4	1.8	*
偏位側頬部水平距離	3.4	2.1	3.4	1.4	NS
偏位側頬部垂直距離	3.7	1.7	3.6	1.3	NS
偏位側頬部前後距離	2.8	1.9	3.3	1.2	NS
非偏位側頬部水平距離	2.1	1.0	2.9	1.6	NS
非偏位側頬部垂直距離	4.2	2.1	3.8	1.8	NS
非偏位側頬部前後距離	2.1	1.7	3.5	1.0	*

単位：mm, \*:p<0.05, NS:Not significant

表7-1 正常群と偏位下前群によるスマイル時の口角と頬部の偏位側と非偏位側の治療前における三次元移動量の比較

治療前	偏位側					非偏位側				
	下顎前突者		正常咬合者		p	下顎前突者		正常咬合者		p
	mean	SD	mean	SD		mean	SD	mean	SD	
口角水平距離	5.5	2.5	7.2	2.0	NS	3.4	2.1	6.0	1.6	*
口角垂直距離	7.8	2.9	9.8	1.1	NS	8.7	1.7	9.5	1.2	NS
口角前後距離	-5.1	2.4	-7.7	2.2	*	-8.6	1.9	-7.7	2.9	NS
頬部水平距離	3.4	2.1	2.9	1.4	NS	2.1	1.0	2.7	1.0	NS
頬部垂直距離	3.7	1.7	3.2	1.0	NS	4.2	2.1	3.5	1.0	NS
頬部前後距離	2.8	1.9	2.8	1.4	NS	2.1	1.7	2.6	1.2	NS

単位：mm, \*:p<0.05, NS:Not significant

表7-2 正常群と偏位下前群によるスマイル時の口角と頬部の偏位側と非偏位側の治療後における三次元移動量の比較

治療後	偏位側					非偏位側				
	下顎前突者		正常咬合者		p	下顎前突者		正常咬合者		p
	mean	SD	mean	SD		mean	SD	mean	SD	
口角水平距離	5.7	1.8	7.2	2.0	NS	5.4	2.2	6.0	1.6	NS
口角垂直距離	9.1	1.9	9.8	1.1	NS	9.4	2.9	9.5	1.2	NS
口角前後距離	-5.3	1.7	-7.7	2.2	*	-4.4	1.8	-7.7	2.9	*
頬部水平距離	3.4	1.4	2.9	1.4	NS	2.9	1.6	2.7	1.0	NS
頬部垂直距離	3.6	1.3	3.2	1.0	NS	3.8	1.8	3.5	1.0	NS
頬部前後距離	3.3	1.2	2.8	1.4	NS	3.5	1.0	2.6	1.2	NS

単位：mm, \*:p<0.05, NS:Not significant

表8 正常群と偏位下前群によるスマイル時の上唇中央と下唇中央の三次元移動量の比較

	治療前下顎前突群		治療後下顎前突群		正常咬合群		治療前vs正常咬合群	治療後vs正常咬合群
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	p	p
上唇中央部水平距離	0.7	0.4	1.0	0.7	0.6	0.5	NS	NS
上唇中央部垂直距離	5.1	1.9	5.1	2.2	4.5	0.8	NS	NS
上唇中央部前後距離	-3.3	2.0	-1.5	1.2	-2.4	1.4	NS	NS
下唇中央部水平距離	1.1	1.0	1.2	0.6	1.1	0.7	NS	NS
下唇中央部垂直距離	4.0	3.7	4.6	3.8	4.2	1.9	NS	NS
下唇中央部前後距離	-4.6	1.8	-2.9	2.5	-6.7	4.0	NS	*

単位：mm, \*:p<0.05, NS:Not significant