下顎前突症患者の下顎後方移動術前後における 顔面形態の三次元的分析

比 地 岡 浩 志

Three-Dimensional Analysis of Facial Morphology of Patients with Mandibular Prognathism Undergoing Sagittal Splitting Ramus Osteotomy

HIROSHI HIJIOKA

Abstract: The purpose of this study was to analyze the relationship between changes of mandibular position and that of facial morphology before and after orthognathic surgery by sagittal splitting ramus osteotomy (SSRO) and to simulate the postoperative facial image.

Eleven female patients with mandibular prognathism who underwent SSRO were analyzed just before and 3 months after the operation by using a noncontact three-dimensional measuring apparatus (VOXELAN NKV-300DS, Hamano Engineering) and three-dimensional analyzing software (3-D RUGLE, Medic Engineering).

The results were as follows:

1. It was found that the system composed of VOXELAN and 3-D RUGLE was useful for three-dimensional measurement and analysis of facial figure in jaw deformity.
2. The morphological changes of facial soft tissue caused by the mandibular set back were maximum in the middle mental region. The upper lip region was slightly affected as well.
3. The anatomic measurement points in the lower face showed downward and significant backward movement. Most points of the upper and middle face showed little change.
4. Facial heights were shortened significantly.
5. By taking the direction of the mandibular movement into account, changes of facial morphology by mandibular movement were demonstrated more clearly.
6. It was found that the simulated postoperative facial image computed by the data were similar to the real one.

Key words: Three-dimensional analysis (三次元分析), Mandibular prognathism (下顎前突症), Simulated postoperative facial image (術後顔貌予測画像)

[Received Jun. 15, 1998]

緒 言

顎変形症に対して行われる外科的矯正治療の目

的は、上下顎骨形態の不調和とそれに伴う不正咬合、咀嚼、発育などの機能障害を改善するとともに、顔貌の審美障害を改善することにある。顎変

形症の診断、治療方針の決定ならびに治療結果の評価に際しては、顎顔面硬組織の形態のみならず、軟組織形態の分析と評価が必要不可欠である。一方、患者にとっては、手術による顔貌の変化がとりわけ重大な関心事であり¹⁾、インフォームドコンセントの観点からも、術後に予想される顔貌を治療開始前に正確に三次元的に予測し、患者に提示できることが望まれる。しかし従来、下顎前突症などにおける顎顔面形態診断や治療方針の決定、術後予想等は側面頭部X線規格写真等を中心とした二次元的分析にとどまることが多く²⁻⁶⁾、顔面軟組織形態を三次元的に分析評価し、それに基づいた顔貌変化の観点から顎骨の移動量ならびに方向を決定するには至っていない。

本研究は、顎変形症患者の顔面形態を三次元的に計測分析することにより、日常臨床で最も広く行われている下顎枝矢状分割法による下顎後方移動術時における下顎骨の位置変化と顔面形態変化との関係を明らかにすることを目的とした。さらにこれに基づき、下顎後方移動術後の顔貌予測の可能性を検討し、より審美性の高い手術方法を決定すると同時に患者のインフォームドコンセントに資するための資料を作ることも目的とした。

対象ならびに研究方法

1. 対象

鹿児島大学歯学部附属病院第2口腔外科にて、下顎枝矢状分割法による下顎後方移動術を行った下顎前突症患者のうち、11名を選択した(Table 1)。対象は全例女性で、下顎骨の後方移動量の左右差が2 mm以下の者とした。年齢は14~28歳(平均20.0歳)、後方移動量は左側8.2~13.5 mm(平均10.4 mm)、右側9~13 mm(平均11.2 mm)である。なお、口唇口蓋裂患者、著しい開咬症や顔面非対称症例等は含まれていない。

2. 研究方法

術前後の患者顔面模型を石膏にて作製し、非接触型三次元形状計測装置を用いて計測し、手術による顔面形態の変化を分析するとともに、下顎骨移動と顔面形態変化の関係を分析した。次に、得られた結果に基づいて術後予測顔貌を作成し、実際の術後顔貌との比較を行った。

1) 顔面模型および複合模型の作製

顔面模型の作製：全11例の術直前および術後3カ月目に、仰臥位にて石膏を用い顔面の印象を採得し、模型用硬石膏にて顔面模型を作製した(Fig. 1-A)。この際、患者に軽く咬合させた状態

Table 1 Subjects

Case No.	Age	Distance of mandibular set back (mm)			
		Right	Left	Average	R-L difference
1	24	9.5	9.0	9.3	0.5
2	17	13.0	11.0	12.0	2.0
3	22	12.5	13.5	13.0	1.0
4	15	12.0	10.0	11.0	2.0
5	17	11.0	10.0	10.5	1.0
6	14	13.0	12.0	12.5	1.0
7	17	10.3	8.5	9.4	1.8
8	18	10.0	11.0	10.5	1.0
9	25	10.0	12.0	11.0	2.0
10	28	9.0	9.0	9.0	0.0
11	24	9.0	8.2	8.6	0.8
Mean±S.D.	20.0±4.4	11.2±1.5	10.4±1.6	10.6±1.5	1.2±0.6

All subjects are female, whose differences of mandibular set back in both sides are less than 2.0 mm.

Fig. 1 The images of the facial and combined model reconstructed and displayed on 3-D RUGLE
A : Facial plaster model
B : Combined model with the gypsum dental arch

で印象採得を行った。

複合模型の作製 : 11 例中 5 例について, 下記の手順で上・中顔面模型と歯列模型の複合模型を作製した (Fig. 1-B)。上顎歯列咬合面が印記されたレジン製バイトプレートに被験者に噛ませた後, 上・中顔面印象用トレーを用いて, 前額部から頬部までを可及的無圧下にアルジネート印象材にて印象採得し, バイトプレートとトレーを連結固定した。採得された印象上で上・中顔面模型と上顎歯列模型を連結し, 手術前および術後のバイトワークスを介して下顎歯列模型を咬合させ, それぞれ術前および術後の複合模型とした。

2) 計測装置ならびに解析ソフト

計測装置 : 非接触型三次元形状計測装置ボクセラン NKV300-DS (浜野エンジニアリング社, 以下ボクセランと略す, Fig. 2) を用い, 術前ならびに術後顔面模型の形態を計測した。

本装置は, 半導体レーザースリット光を使用した光切断方式により非接触三次元計測を行う装置で, 2 台の CCD カメラを用い, 300×293 mm の視野を計測し, 計測時間は約 10 秒, 画像の三次元構築時間は約 3 分である。

Fig. 2 Three-dimensional measuring apparatus (VOXELAN NKV-300DS, Hamano Engineering)

解析ソフト : ボクセランで作成された顔面形態の三次元構築画像データの分析は解析ソフト 3D-RUGLE (メディックエンジニアリング社,

Fig. 3 The origin and the coordinate axes on facial image

以下 RUGLE と略す) により行った。本ソフトは、画像の回転、修正、面積・体積計算をはじめ画像間演算、重ね合わせ、形態変形シミュレーションなどの処理が可能である。

3) 分析方法

(1) 原点および基準平面の設定

術前顔面模型の三次元構築画像(以下、顔面画像と略す)に以下の手順により、原点ならびに XYZ 座標軸を設定した (Fig. 3)。

原点: 左右内眼角点の midpoint

XY 平面: 左右内眼角点および左側鼻翼点で決定される平面

X 軸: 両内眼角を通る直線

Y 軸: XY 平面上で、原点を通り X 軸に垂直な直線

Z 軸: 原点を通り XY 平面に垂直な直線

これら XYZ 軸と RUGLE の座標軸が一致するよう顔面の傾きを補正し入力した。

(2) 計測点の設定

① 顔面軟組織上の計測点

顔面画像上に以下の計測点 239 点を設定した。

人類学計測点: マルチンによる人類学計測点より選んだ 10 点 (Fig. 4)⁹⁾

左側内眼角点 entcanthion sinister: en-s

右側内眼角点 entcanthion dexter: en-d

左側鼻翼点 alare sinister: al-s

右側鼻翼点 alare dexter: al-d

鼻下点 subnasale: sn

上唇点 labrale superius: ls

口裂点 stomion: sto

Fig. 4 Anatomic measurement points on face

★: standard points to settle and divide lines on face

Fig. 5 Method to set the measurement points on face

The detail is described in the text.

下唇点 labrale inferius: li

左側口角点 cheilion sinister: ch-s

右側口角点 cheilion dexter: ch-d

表面計測点: 術前顔面画像における口裂点 sto, 原点, 鼻下点 sn, 外形線をもとに顔面上に設定した 200 点 (Fig. 5)

外形点: 表面計測点を通る直線と外形線の交点 29 点 (Fig. 6)

上記表面計測点ならびに外形点の設定は以下の方法で行った。すなわち、口裂点および口裂点を通る X 軸に平行な直線と顔面外形線の交点を結ぶ線分を左右それぞれ 8 等分する計測点を設定し、これら 8 点を通り Y 軸に平行な直線を縦軸とした。次に原点、鼻下点および口裂点を通り X 軸に平行

Fig. 6 Measurement points on facial outline
The lines of section are the same as
in Fig. 5.

な直線によって、顔面画像を上・中・下の3領域に分け、それぞれを3, 3, 8等分するX軸に平行な直線を横軸とした。以上によって設定された縦軸17, 横軸15の交点の内200点を表面計測点とした。ただし、下顔面においては口裂点を通る水平線から各縦軸と顔面外形線の交点までの距離をそれぞれ8等分した計測点を設定した。

この際、表面計測点の中から顔面正中オトガイ部の2分の1の点を選び、計測基準点 So とした。

②下顎歯列模型上の計測点

下顎骨の移動量および移動方向を算出する際の基準点として、複合模型画像の下顎歯列模型上に、下唇小帯先端の点、および左右の下顎第一大臼歯の近心傾側咬頭直下の歯肉縁より5 mm 下方の点、の3点を設定した。

(3) 術前術後の位置変化の分析

RUGLE 上で術前顔面画像と術後顔面画像とを重ね合わせ、下記項目について各計測点の術前後間の差を算出した。重ね合わせは RUGLE の自動マッチング機能を使い、両画像の鼻根部 30×30 mm の領域が最も一致するように行った。

①人類学計測点の XYZ 座標値の変化

②術前顔面上に規定した表面計測点の、術後顔面画像におけるZ座標値の変化

③外形点の X 座標値もしくは Y 座標値の変化

各計測点の座標値の変化を、計測基準点 So の Z 座標値における後退量を 1 として指数（以下、

Fig. 7 48 fields to measure the surface area
and changing volumes
The detail is described in the text.

計測点変化指数と略す)で算出した。

(4) 下顎骨の三次元的な位置変化と軟組織形態変化の関係の分析

術前顔面画像を基準として、術前ならびに術後複合模型三次元構築画像（以下、複合模型画像と略す）を重ね合わせ、以下の分析を行った。

①術前ならびに術後の複合模型画像上における計測点座標値の差を算出し、下顎骨の移動方向および移動量を分析した。その際、画面上の下顎歯列模型上に設定した3点で構成される三角形の重心の位置変化ベクトルを求め、その大きさを下顎骨の三次元移動量、その方向を下顎骨の三次元移動方向とした。

得られた下顎骨の三次元移動方向が RUGLE 上の Z 軸に平行になるように術前後の顔面画像を回転（以下、回転補正画像と略す）させた。

②顔面上の変化の分布を定量的に分析するために、回転補正画像上に顔面を48の領域に分け、各領域のXY平面への投影面積と体積変化を計測した。これら48領域の区分には、Fig. 5における表面計測点決定のための顔面上に設定した線を用いた(Fig. 7)。投影面積、体積変化と下顎骨三次元移動量をもとに以下に示す計算式を用い、下顎骨の移動量に対する顔面軟組織の変化比率(以下、軟組織の対骨変化率と略す)を算出した。

$$\text{軟組織の対骨変化率} = (\text{各領域の体積変化} / \text{各領域の投影面積}) / \text{下顎骨の三次元移動量}$$

(5) 術後顔貌予測画像の作成および術後顔面画像との比較

以下の手順で、5例の術後顔貌予測画像を作成し、実際の術後顔面画像と表面積および体積を比較した。

まず、術前顔面画像を下顎骨の三次元移動方向がZ軸と平行となるように回転させ、下顎骨の三次元移動量と先に求めた軟組織の対骨変化率から48領域それぞれの軟組織移動量を算出した。ついで術前後に有意の変化が生じた領域の中心点を移動点として選択し、移動点の座標値と軟組織移動量をRUGLEの形態変形シミュレーションプログラムに設定し、術前顔面画像から術後顔貌予測画像を作成した。

(6) 計測値の処理

計測点変化指数および軟組織の対骨変化率の術前後もしくは左右の比較検定にはWilcoxon検定を、術後画像と予測画像における表面積および体積の実測値の比較検定にはt検定を用い、危険率5%以下を有意とした。

結 果

1. 術前後における各計測点の位置変化

1) 人類学計測点のXYZ座標値の変化

上顔面のen(内眼角点)、中顔面のal(鼻翼点)

は術後もほとんど変化を認めなかった。sn(鼻下点)はわずかに後方へ移動したが、術前後間に有意差は認めなかった。ls(上唇点)、sto(口裂点)、li(下唇点)、ch(口角点)の各点はいずれも下後方へ移動し、このうちsto、li、chのZ座標値の変化は有意であった(Table 2)。

2) 表面計測点のZ座標値の変化

表面計測点は、上顔面領域では移動を認めず、

Table 2 Changing ratio in anatomic measurement points compared to point So

point	X	Y	Z
en-d	0.03±0.04	-0.04±0.19	0.00±0.06
en-s	-0.01±0.13	-0.03±0.14	-0.02±0.05
al-d	-0.07±0.15	-0.09±0.13	0.03±0.10
al-s	0.04±0.14	-0.04±0.14	0.01±0.08
sn	-0.03±0.14	-0.07±0.10	0.08±0.12
ch-d	0.05±0.25	-0.09±0.21	0.67±0.16*
ch-s	-0.00±0.24	-0.09±0.20	0.68±0.23*
ls	-0.03±0.20	-0.09±0.13	0.12±0.11*
sto	-0.03±0.17	-0.16±0.22	0.63±0.14*
li	0.01±0.16	-0.06±0.22	0.95±0.20*

(mean±S.D.)

Regression of point So=1

*: significant difference between before and after operation (p<0.05)

Fig. 8 Changing ratio of 200 measurement points
Regression of point So=1

中・下顔面領域で後方へ移動し、特に下顎骨に対応する部位の後退が大きく、計測点変化指数は、オトガイ正中部付近が0.99~1.15と最大であった。水平断面でみると、鼻下点を通る断面ならびに口裂点を通る断面では、顔面側方にいくほど後退していたが、下顔面では側方の後退が減少していた。矢状断面でみると、いずれも下方ほど後退が大きいが、正中断面上のオトガイ部付近ではほぼ均等な後方移動を示した (Fig. 8)。また、右側に比べ左側の後退が大きく、顔面側方部の8点に左右間で有意差を認めた。

Table 3 Changing ratio of measurement points on facial outline compared to point So

	point	mean±S.D.	point	mean±S.D.
X	1d	0.05±0.14	1s	0.02±0.05
	2d	0.02±0.10	2s	0.00±0.06
	3d	0.05±0.11	3s	0.04±0.11
	4d	0.03±0.15	4s	-0.01±0.12
	5d	0.07±0.16	5s	0.03±0.12
	6d	0.01±0.15	6s	0.03±0.14
	7d	-0.01±0.17	7s	0.06±0.13
Y	8d	0.13±0.22	8s	0.20±0.16*
	9d	0.10±0.22	9s	0.28±0.20*
	10d	0.07±0.14	10s	0.24±0.23*
	11d	0.16±0.23	11s	0.21±0.20*
	12d	0.16±0.18*	12s	0.24±0.25*
	13d	0.20±0.19*	13s	0.17±0.23*
	14d	0.28±0.16*	14s	0.17±0.31
	15	0.29±0.15*		

Regression of point So=1

* : significant difference between before and after operation (p<0.05)

3) 外形点の変化

顔面外形線上の左右7点計14点は、X軸方向すなわち横への変化はほとんど認めなかった。正中オトガイ下部点とその左右下顎下縁の点計15点では、Y座標値の増加すなわち外形線が上方へ移動する傾向が認められ、うち10点に術前後間の有意差を認めた (Table 3)。

2. 下顎骨の三次元的位置変化と軟組織形態変化の関係

1) 下顎骨の移動量と移動方向の三次元的分析

5例の複合模型上で下顎骨の移動量ならびに移動方向を分析した結果、移動量は9.0mm~15.3mm (平均11.8mm)、移動方向は、症例1~4では右後上方、症例5は左後下方であり、設定した座標軸に対し平行移動ではなく、三次元的移動であることが確認された (Table 4)。

2) 回転補正後の下顎骨移動と軟組織形態変化の関係について

下顎骨の三次元移動方向とZ軸とが平行になるよう顔面画像を回転補正した結果、軟組織の対骨変化率は、下口唇からオトガイ部付近で最も大きく、下顎骨の三次元移動量1に対し0.75~0.94の値を示し、同部位を中心に同心円状に対骨変化率は減少した。中顔面の水平断面上においては、中央部より側方の変化率が大きかった (Fig. 9, 10)。

また軟組織の対骨変化率の左右差は、下顎移動方向による回転補正が行わなかった11例の正貌時の表面計測点変化率の左右差に比べ減少し、有意差を認めたのは左右鼻翼下部の1部位のみであった。

Table 4 Direction and distance of mandibular movement

Case No.	Vector (X, Y, Z)	Angle of rotation (degree)		Distance of movement (mm)
		For X axis	For Y axis	
1	(-0.5, 3.1, 10.6)	16.3	-2.7	11.1
2	(-1.5, 2.3, 13.1)	9.8	-6.4	13.4
3	(-1.1, 2.8, 9.9)	15.5	-6.6	10.4
4	(-0.8, 4.1, 8.2)	26.5	-5.6	9.0
5	(0.3, -0.7, 15.3)	-2.6	1.1	15.3

3. 術後顔貌予測画像の作成ならびに術後顔面画像との比較

以上の結果をもとに作成した術後顔貌予測画像は、患者の実際の術後顔貌に極めて類似していた

(Fig. 11)。5 症例について、予測画像の下顔面における表面積、体積を実際の術後顔面画像の値と比較した結果、両者は近似した値となり両群間に有意差は認めなかった (Table 5)。

Fig. 9 Ratio of soft tissue movement for mandibular movement on 48 fields
Distance of mandibular movement=1

Fig. 10 Display of difference between before and after operation
A : computed on frontal view
B : computed by taking the direction of mandibular movement into account

Fig. 11 Display of facial images, before, simulated and after operation
 A : preoperative facial image
 B : simulated postoperative facial image
 C : postoperative facial image

Table 5 Comparison of simulated postoperative facial image and real postoperative facial image

Case No.	Surface area (cm ²)		Volume (cm ³)	
	Sim	Rp	Sim	Rp
1	109.85	106.82	568.90	564.09
2	96.42	97.22	446.74	440.12
3	93.78	94.70	523.50	520.74
4	101.31	98.87	513.23	508.14
5	95.87	99.52	392.13	394.89

Sim : simulated postoperative facial image

Rp : real postoperative facial image

考 察

外科的矯正治療において顔面形態変化を分析し評価することは、術式の改良や適応範囲の拡大、さらには患者自身の要求と相まって、より一層重要視されてきている。また術前に術後予測顔貌を作成することは術式の選択、患者への提示など臨床働きわめて有用な資料となる。

従来、顎変形症治療における診断、治療法の決定、術後評価は、主に頭部 X 線規格写真を用いた

二次元的分析を中心に行われ²⁻⁸⁾、三次元的分析の試みとしては、ニシオグラフ¹⁰⁾、顔面規格写真¹¹⁾、モアレトポグラフィー¹²⁻¹⁵⁾、接触型三次元形状計測装置¹⁶⁾などが用いられてきたが、操作性や再現性の問題などから、日常臨床に用いられることは少なく、顎骨の三次元的形態や位置変化を分析した報告は少ない。近年、三次元 CT 装置の発達により、顎骨については三次元 CT に基づいて作成した模型をモデルサージェリーに用いることが可能となったが、軟組織形態を分析するには至って

いない¹⁷⁻²⁰⁾。

最近、レーザーを利用した非接触型三次元形状計測装置の臨床応用が可能となり、人体を短時間かつ高精度に計測することが可能となってきた。また、コンピュータ画像処理によって、様々な分析や術後予測顔貌のシミュレーションなども行えるようになってきている²¹⁻²⁹⁾。しかし、これを顎変形症患者に臨床応用したこれまでの研究は、そのほとんどが装置の説明ないし臨床応用の可能性についての報告^{21, 23, 25-29)}であり、実際の症例に用いられた場合にも少数の使用例をあげるにとどまっている。

1. 目的ならびに対象について

著者は、下顎後方移動術を行った際の患者顔面形態の変化の状況を明らかにするとともに、術後予測顔貌作成の可能性を検討することを目的として、本研究を行った。

下顎の移動による顔面軟組織変化の程度と領域を可及的に単純化するために、著しい開咬や顔面非対称を伴う症例、著しい上顎後退を伴う症例などは対象から除外し、後方移動量の左右差が2.0 mm以内の女性のみを選択した。対象はいずれも術前および術後矯正治療を受けているため、術前計測は手術前1カ月以内の顔貌とし、術後計測は手術による腫脹が消失し、顎間固定が解除され、しかも術後矯正や術後の後戻りの影響が少ない術後3カ月の顔貌とした。

2. 計測装置ならびに解析ソフトについて

三次元計測および分析を広く臨床に活用するには、高速で高精度の三次元データが得られ、データ処理も短時間で容易に行えることが必要である。

当科においても従来、モアレ写真および接触型三次元計測装置ベクトロンを用いて顎変形症患者の顔面計測を行ってきた¹⁶⁾。しかし、モアレ写真は非接触で比較的容易に撮影できるものの、分析が煩雑で正確な三次元データを得るのは容易でない。接触型三次元計測装置は、再現性と精度は優れているが、大量の三次元データを得ようとすると相当の時間を要するため、分析できる症例数や分析内容に制約が多かった。

本研究に使用した非接触型三次元形状計測装置ボクセランでは、モアレ写真や接触型三次元計測

装置と比較し計測時間が著しく短縮された。

ボクセランの測定可能領域は、計測ヘッド前方の約293×300×200（縦×横×深さ）mmの空間で、計測精度は装置視野サイズの±0.2%（平均二乗誤差）であることから、計測誤差は±0.5 mmとなる。レーザー光があたらない部位ならびに検出カメラから見えない領域は計測できないが、2台の検出用CCDカメラで測定しているため死角は少ない。

今回用いた三次元データ解析ソフトRUGLEはパソコン用のソフトであり、当初MS-DOS版解析ソフト3D-SPHINXとして開発され、現在はMS-WINDOWS版3D-RUGLEにバージョンアップし、操作性および解析速度が向上している。本ソフトは、画像の傾き修正、重ね合わせ、形態変形シミュレーション機能など、顎顔面形態分析を目的として開発された機能が多く、本研究ではボクセランとRUGLEを組み合わせることによって、顎顔面形態分析を効率よく容易に行うことができた。

3. 研究方法について

本研究では、顔面の石膏模型を用いて計測、分析を行った。ボクセランでは生体顔面の直接計測も可能であるが、本実験では下顎骨の移動に対する顔面形態の変化を分析するために、顔面模型と歯列模型を結合した複合模型を作製する必要がある。分析条件を統一するためにも全て石膏模型上で計測した。模型を用いることにより任意の時間に頻回の計測が可能となり、術前顔貌と術後顔貌を連続して計測することにより、カメラに対する顔面の位置や傾き、死角領域などの条件を統一でき、更に画像解析時の画像回転・重ね合わせなどの際に、画像のぶれなどによる誤差を最小限に抑えられるなどの利点があった。

顔面の計測ならびに重ね合わせを行うためには、顔面上に再現性の高い基準面を設定する必要がある。本研究では両内眼角点および左側鼻翼点の3点で決定される平面を基準XY平面とした。これら3点はマルチンの人類学計測点⁹⁾に採用されており、設定が容易で再現性が高く、下顎後方移動術による影響もほとんど受けず、印象採得時の変形も少ない部位である。また、術前後間の成長に

よる変化もほとんど認めなかった。このような観点から画像を重ね合わせる際の基準面として適当と判断した。

術前後の画像を重ね合わせる際には、手術による影響がほとんどない鼻根部 30×30 mm の領域が最も重なり合うように画像の傾きを補正した。重ね合わせの精度を検討するため、同領域の XY 平面への投影域を底面とし、底面から同領域表面までの体積を求めた。その結果、11 例における術前顔面画像と術後顔面画像の同部分の体積の差は平均 0.4 %、5 例における術前顔面画像と複合模型画像の同部分の体積の差は平均 0.5 % と非常に近似した値を示し、重ね合わせの精度が確認された。

下顎骨の後方移動に伴う顔面形態の変化は、下顔面のみにとどまらなるとされており^{26,30)}、下顎後方移動術前後における顔面軟組織の形態変化を正確に分析するためには、顔面上に多数の計測点を設定する必要がある。本研究では人類学計測点をもとに、変化の少ない上・中顔面には疎に、変化の大きい下顔面には密に合計 239 点の計測点を設定することにより、顔面軟組織の形態変化を正確に分析することが可能であったと考える。しかし、術前顔面画像上に設定した表面計測点を、そのまま術後も用いるためには、皮膚表面に入れ墨等のマーキングを行う以外不可能である。そこで術前顔面画像上で設定した表面計測点の X、Y 座標値を、術後顔面画像上でも固定して用い、術前後における各計測点の Z 座標値の変化を分析した。

これまで、下顎骨の移動は L1, point B, Pog など正中矢状断面上の点の二次元的な移動で示されることが多かった。しかし、手術における下顎骨の移動は三次元的で、偏位を伴っている症例も多く、1 点の位置変化で下顎骨全体の位置変化を示すことは適切でない。そこで、下顎歯列模型上に設定した 3 点で構成される三角形の重心を求め、重心の座標値の変化を下顎骨の位置変化としベクトルを求めた。これにより、下顎骨の三次元的移動を正確に把握できたと考える。

4. 分析結果について

顔面形態の変化は術前後の顔面画像の重ね合わせにより算出したが、下顎骨の後方移動量が症例によって異なるため、各計測点の変化量は顔面正

中オトガイ部上方 1/2 に設けた基準点の後方移動量 (Z 座標値の変化) を 1 としたときの指数で求めた。

人類学計測点ならびに表面計測点の座標値を分析した結果、術後はオトガイ部を中心に下顎骨体部から上唇にかけて後退を認め、鼻下点から上方は変化しないことが確認された。また、下顔面では正中部に、中顔面では顔面側方部に後退が大きいことが示唆された。矢状断面上では、正中部だけでなく側方部においても下方ほど大きな後退を認めた。土屋³⁰⁾はモアレトポグラフィーを用いた分析において、単に下顎骨に対応する下唇からオトガイ部に後退を認めるのみならず、上唇から頬部にかけても後退があり、上唇部においては、正中部よりむしろ口角付近に大きな後退を認めたと述べ、今回の分析でもほぼ同様の結果が示された。

顔面外形線上の計測点を分析した結果では、顔面幅はほとんど変化を認めないが、顔面高は有意に短縮を認めた。これは下顎骨の移動方向が後上方であることに由来していると考えられる。日常臨床において、下顎前突症患者の術後顔貌が術前に比べ丸みを帯びた印象を与えることが多いのは、顔面幅に対する顔面高の比率が減少することと深く関係すると思われる。

計測点変化指数の左右比較を行った結果、左側の値が右側より大きく、中顔面側方部の 8 点には有意差を認めた。今回の研究対象として著しい顔面非対称を除外し、下顎骨の後方移動量の左右差が 2 mm 以内の者としたにもかかわらず、このような左右差が認められた要因としては、下顎骨が Z 軸に対し平行に後退しているのではなく、左右どちらか一方に偏位または回転した症例が多かったのではないかと考えられる。

この点を解明するために、複合模型画像上における下顎歯列模型の術前後の位置変化を分析した結果、下顎骨は 5 例中 4 例において右後上方、1 例において左後下方へ移動していることが確認された。

そこで、下顎骨の三次元移動方向が Z 軸と平行になるように術前後顔面画像を回転させ、下顎骨三次元移動量を 1 としたときの軟組織変化を分析した。その結果、軟組織の対骨変化率は下唇下部

の0.94を最大として、この部位を中心に同心円状に変化率は減少していた。この回転補正により、左右差は大幅に縮小し、有意差を認めたのは左右鼻翼下部の1部位 (Fig. 9 0.04*~0.11* 間) のみとなった。補正後もなお1部位に左右差が残った理由としては、5例中4例が右後方への移動であったことの影響によると考える。このように、下顎骨の移動方向に回転補正を加えることによって硬軟組織の関係がより明確となり、下顎骨移動量に対する軟組織変化量の比率を一般化することの可能性が示唆された。

これらの結果をもとにRUGLEのシミュレーションプログラムを用いて術後顔貌予測画像を作成した。

予測画像と実際の術後顔面画像を比較したところ、鼻下点から下方の下顔面において表面積・体積ともに近似した値を示し、両群間に有意差は認めなかった。視覚的にも Fig. 11 にみた如く下唇赤唇部形態に若干の差を認めるものの、概ね良好なシミュレーションが行われ、臨床的に提示するに十分と思われる結果が得られた。作成した予測画像はXYZ各座標軸180度以内の回転表示が可能であり、従来の側貌を中心とした二次元的な術後顔貌予想写真に比べ立体的な把握が容易である。

今後、症例数を増やし下顎骨の移動方向別に分析を行うことにより、様々な症例に対応したより精度の高い術後顔貌予測が可能になるとと思われる。

結 語

非接触型三次元計測装置を用いて、下顎枝矢状分割法による下顎後方移動術を行った下顎前突症患者的顔面軟組織の三次元的形態変化ならびに手術による下顎骨の三次元的位置変化と軟組織形態変化の関係について検討し、その結果に基づいて術後予測顔貌の作成を試み、以下の結論を得た。

1. 本装置および汎用三次元画像解析ソフトを用いて、簡便かつ正確に下顎前突症患者的顔面形態を三次元的に分析することが可能であった。

2. 手術による顔面軟組織形態の変化は、正中オトガイ部を中心として上唇まで及んでいた。下顔面では顔面正中部の変化が大きく、側方部は減じていたが、中顔面では逆の傾向がみられた。

3. 口唇部の人類学計測点は各点ともY座標で下方、Z座標で有意に後方への移動を示した。上・中顔面のほとんどの計測点は大きい位置変化を認めず、鼻下点がやや後方への移動を示したものの有意差は認めなかった。

4. 術後の顔面外形線に関しては、顔面幅はほとんど変化を認めないが、顔面高は有意に短縮する傾向を認めた。

5. 下顎後方移動術における下顎骨の移動方向は三次元的であり、後方移動に上下左右方向への移動も加わっており、このことが軟組織の形態変化に大きな影響を与えていると考えられた。

6. 下顎骨の移動方向にあわせて顔面画像を回転させることにより、正面観計測時にみられた軟組織変化率の左右差は改善され、下顎骨の移動と軟組織形態変化の関係が明確になった。

7. 下顎骨の三次元移動量を1として軟組織の変化比率を求めたところ、下唇下部の0.94が最大で同心円状に減少する傾向を示した。

8. 以上の結果をもとに作成した術後予測顔貌は、実際の術後顔貌と視覚的に近似していた。両者の表面積、体積を計測比較した結果、近似した値となり、臨床的に提示するに十分な結果と考えられた。

稿を終えるに臨み、本研究課題を与えられるとともに終始ご懇篤なご指導、ご校閲を賜った鹿児島大学歯学部口腔外科学第2講座三村 保教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究の遂行にあたり、終始ご指導、ご助言をいただいた口腔外科学第2講座野添悦郎講師に深謝致しますとともに、ご協力頂いた同講座教職員各位に感謝致します。

本論文の要旨は、第6回日本顎変形症学会総会（1996年6月6日、仙台）、第7回日本顎変形症学会総会（1997年6月23日、東京）において発表した。

文 献

- 1) 永井 格, 他: 顎変形症患者における顔面形態別の術後評価—質問紙法による評価—, 日顎変形誌, 6: 145-161, 1996.
- 2) Lines, P. A.: Soft Tissue Changes in Relationship to Movement of Hard Structures in Orthognathic Surgery: A Preliminary Report, J Oral Surg 32: 891-896, 1974.

- 3) Dann, J. J., et al.: Soft Tissue Changes Associated with Total Maxillary Advancement: A Preliminary Study, J Oral Surg 34: 19-23, 1976.
- 4) Kajikawa, Y.: Changes in Soft Tissue Profile After Surgical Correction of Skeletal Class III Malocclusion, J Oral Surg 37: 167-174, 1979.
- 5) Robinson, S. W., et al.: Soft Tissue Profile Change Produced by Reduction of Mandibular Prognathism, Angle Orthodont, 42: 227-235, 1972.
- 6) 升井一郎, 他: 下顎前突症の顎矯正外科のための頭部 X 線規格写真計測および側貌予測システムとその応用, 日口外誌, 36: 144-156, 1990.
- 7) 吉田憲司: 下顎前突症患者の予測顔貌に関する研究, 日口外誌, 34: 1237-1254, 1988.
- 8) 西田光男: 下顎前突症手術の術後予測に関する研究 第三編 下顎前突症における術後軟組織側貌の予測方法について, 日口外誌, 35: 31-45, 1989.
- 9) 保志 宏, 他: 人体計測法 I 生体計測法, 雄山閣, 東京, 1992, 29-69.
- 10) 高森 等, 他: ニシオグラフによる下顎前突症患者における術前・術後の顔貌変化について (第 1 報), 顎変形誌, 2: 81-83, 1983.
- 11) 香月 武, 他: 5 方向顔面規格写真自動撮影装置, 日口外誌, 31: 1440-1444, 1985.
- 12) 藤田茂之, 他: 顎変形症のモアレポグラフィによる 3 次的形態解析に関する研究, 日口外誌, 30: 1664-1671, 1984.
- 13) 伊東隆三, 他: 骨格性下顎前突に対する外科矯正治療前後の顔面軟組織形態の変化—モアレポグラフィの応用—, 日矯歯誌, 44: 497-507, 1985.
- 14) 陳 亮宏: モアレポグラフィによる顎変形症患者の術前術後の顔貌変化の解析に関する研究, 口科誌, 38: 160-171, 1989.
- 15) 山部芳雄, 他: モアレポグラフィによる矯正学的考察 1. 下顎前突の逆被蓋改善前後の顔面の変化について, 日矯歯誌, 39: 330-342, 1980.
- 16) 登正太郎, 他: 空間座標測定装置ベクトロン[®]による顎顔面形態の分析—下顎枝矢状分割症例について—, 顎変形誌, 8: 109-111, 1989.
- 17) 後藤昌昭, 他: X 線 CT 写真から作成した光硬化樹脂製頭蓋顔面骨 3 次元立体模型, 日口外誌, 38: 94-101, 1992.
- 18) 前島精治, 他: 咬合模型を組み合わせた 3 次元実態模型によるシミュレーション手術, 日形会誌, 12: 745-755, 1992.
- 19) 古森孝英, 他: 顎変形症に対するレーザー硬化型 3 次元実態モデルの利用, 日口外誌, 39: 871-878, 1993.
- 20) 根本敏行, 他: CT の三次元構築像による顎骨形態の評価に関する研究, 日口外誌, 43: 177-181, 1997.
- 21) 齊藤比登志, 他: 顔面形態の光計測の試み (下顎枝矢状分割術の評価と後戻りの定量化), 顎変形誌, 4: 56-57, 1985.
- 22) McCance A. M., et al.: A three-dimensional soft tissue analysis of 16 skeletal class III patients following bimaxillary surgery. Br Maxillofac Surg 30: 221-232, 1992.
- 23) Chen, L. H., et al.: A rapid Three-Dimensional Measurement System for Facial Morphology by Laser Multi-Slit, Int J Prosthodont 6: 573-578, 1993.
- 24) 土井純子, 他: 正常咬合者における下顎の偏位に対する口唇軟組織の移動率に関する研究, 日顎変形誌, 3: 78-90, 1993.
- 25) 中山 敏, 他: レーザ計測データにより作成した顔表面形状モデルの臨床応用, 日形会誌, 14: 223-230, 1994.
- 26) 野添悦郎, 他: 半導体レーザーを用いた三次元計測・モデリング装置の口腔外科への導入, 第 15 回日本レーザー医学大会, 大会論文集: 443-446, 1994.
- 27) 野口信宏, 他: レーザーによる唇顎口蓋患者の顔面形態の 3 次元計測, 日口蓋誌, 20: 97-107, 1995.
- 28) 横田幸治, 他: 顎顔面変形症患者における硬軟組織複合立体モデルの開発研究, 日口外誌, 42: 1038-1042, 1996.
- 29) 鷺見幸男, 他: 非接触三次元形状計測装置による顔面形態の計測について 第一報: 顎変形症の手術前後における変化, 口科誌, 46: 237-243, 1997.
- 30) 南 克浩, 他: 外科的矯正治療前後の硬軟組織変化の 3 次元解析と術後顔貌予測 第 1 報 システムの開発, 口科誌, 40: 620-630, 1991.
- 31) 土屋雅文, 他: 骨格性下顎前突症に対する外科的矯正治療前後の軟組織側貌変化について—手術前後の変化を中心として—, 日矯歯誌, 42: 168-177, 1983.