下顎骨後方移動術後の三次元口腔周囲軟組織形態変化解析における 重回帰分析の有効性

焼 田 裕 里¹⁾ 寺 田 員 人²⁾ 小 原 彰 浩¹⁾
越 知 佳 奈 子¹⁾ 高 木 律 男³⁾ 齊 藤 力⁴⁾
齋 藤 功¹⁾

Applicability of Multiple Linear Regression Analysis to the Analysis of Three-dimensional Changes in Perioral Soft Tissue Following Mandibular Setback Surgery

YURI YAKITA¹⁾, KAZUTO TERADA²⁾, AKIHIRO KOHARA¹⁾,
KANAKO OCHI¹⁾, RITSUO TAKAGI³⁾, CHIKARA SAITO⁴⁾
and ISAO SAITO¹⁾

Abstract

【Purpose】 We have developed a system for integrating three-dimensional facial and dental data obtained by optical laser scanner. The purpose of this study was to three-dimensionally analyze changes in soft tissue with those in hard tissue after mandibular setback surgery by a multiple linear regression analysis, and to improve the accuracy of explaining soft tissue changes.

【Materials and methods】 The subjects consisted of 18 skeletal Class III patients, who had been surgically treated by BSSRO at the Department of Oral Surgery, Niigata University Medical and Dental Hospital. Ten subjects had over 3mm midline deviation of the lower dentition compared with the upper one.

Materials included three-dimensional surface data of the face with the anterior teeth, dental casts and lateral cephalograms taken before and after orthognathic surgery. Three-dimensional facial and dental data were integrated according to the method previously reported, and then the coordinate system, measurement regions

and measurement items were established.

A multiple linear regression analysis was performed, with the variation of soft tissue as the dependent variable, and the change in hard tissue, variation of soft tissue thickness, soft tissue thickness before orthognathic surgery, overjet, and midline deviation in each area as explanatory variables, by the stepwise method ($y = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i + c$, $p = 0.2$). Adjusted R-squares were worked out as an index of the regression equation.

【Results】 Obtained values of adjusted R-squares were 0.716-0.862 in the lower buccal region of the deviation side, lower lip region and chin region, and 0.284-0.687 in the upper buccal region of the deviation side, subnasal region, upper lip region, upper buccal region and lower buccal region of the non-deviation side. Although the latter values were less than 0.7, they were better than the values obtained by a simple linear regression analysis in our previous study.

【Conclusions】 The results suggest that multiple linear regression analysis can be used to precisely explain soft tissue changes after mandibular setback surgery.

¹⁾ 新潟大学大学院医歯学総合研究科歯科矯正学分野 (主任: 齋藤 功教授)

²⁾ 日本歯科大学新潟生命歯学部歯科矯正学講座 (主任: 寺田員人教授)

³⁾ 新潟大学大学院医歯学総合研究科顎顔面口腔外科学分野 (主任: 高木律男教授)

⁴⁾ 新潟大学大学院医歯学総合研究科組織再建口腔外科学分野 (主任: 齊藤 力教授)

¹⁾ *Division of Orthodontics, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences* (Chief: Prof. Isao SAITO)

²⁾ *Department of Orthodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata* (Chief: Prof. Kazuto TERADA)

³⁾ *Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences* (Chief: Prof. Ritsuo TAKAGI)

⁴⁾ *Division of Reconstructive Surgery for Oral and Maxillofacial Region, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences* (Chief: Prof. Chikara SAITO)

Key words: multiple linear regression analysis (重回帰分析), optical laser scanner (非接触型三次元形状計測装置)

置), three dimensional analysis (三次元分析)
[Received Jul. 18, 2012]

緒 言

外科的矯正治療を提供するにあたって、治療計画立案の段階で患者に対し術後における顔貌を予測、提示することは、インフォームドコンセントを実践する上で大きな意味を持つ。外科的矯正治療における顔貌の評価としては、セファログラムや顔面規格写真を用いた二次元分析¹⁻⁶⁾、非接触型あるいは接触型三次元形状計測器を用いた三次元分析⁷⁻¹⁸⁾がある。顎矯正手術に伴う軟組織の変化を評価するには硬組織移動量との関係を知ることが重要で、多くの症例について分析・評価を積み重ね、顎矯正手術施行後の変化を三次元的に予測することが可能となれば、外科的矯正治療適応症例における治療方針の立案、手術法の選択、術前矯正治療後の設定がより明確になる。

硬組織の移動量と軟組織の変化量を知るためには、両者の構造を同時に記録される X 線 CT を用いて解析する方法^{19, 20)}が適している。しかし、X 線 CT を用いる場合、X 線被曝量が比較的大きいこと、被曝の観点から特別な目的がない場合には術後の撮影を極力控えるべきことなど研究資料としての制約を受ける。そのため、患者に与える侵襲が少なくかつ硬組織と軟組織両者のデータを備えた硬・軟組織統合モデルを作成する必要がある。硬・軟組織統合モデルには、正面・側面セファログラムと歯列模型を用いた寺嶋ら²¹⁾、X 線 CT と顔面・歯列模型の三次元形状計測値を用いた布留川ら²²⁾、寺嶋ら²³⁾、X 線 CT と歯列模型非接触型三次元形状計測値を用いた安井²⁴⁾、正面・側面セファログラムと歯列模型・顔面形状の非接触型三次元形状計測値を用いた野口ら²⁵⁾、正面・側面セファログラム、歯列模型の三次元形状測定値と X 線 CT とを組み合わせた宮島²⁶⁾、清水²⁷⁾などの報告がある。しかし、これらの報告は統合モデルの精度や軟組織の三次元変化を検索するための分析方法について述べたものがほとんどで、実際に治療した症例に応用し、硬組織変化に対する軟組織の変化を分析・評価した報告は少ない^{8, 9, 20)}。われわれの研究グループは、顔面形状の非接触型三次元形状計測データ、歯列模型の三次元形状データ、ならびに側面セファログラムを用いて顔面三次元データと歯列三次元データとを統合した顔面・歯列統合三次元モデルを構築してその精度と再現性について検討し、臨床的に十分な精度で利用可能であることを報告した⁷⁾。

本研究では、非接触型三次元形状計測装置を用いて採取した顔面三次元データ、歯列三次元データから構築した顔面・歯列統合三次元データを応用し、下顎単独後退術施行

前後の硬組織変化に伴う顔面口腔周囲軟組織形態の三次元変化について、硬組織の変化、軟組織の形態および咬合状態に関連した項目から変数を抽出、設定し、臨床応用を視野に偏位を含む症例を対象として重回帰分析により検討した。

資料および方法

1. 対象 (Table 1)

新潟大学医学部総合病院矯正歯科診療室に 2004 年から 2009 年の間に来院し、両側下顎枝矢状分割法による下顎単独後退術を施行した先天異常を伴わない骨格性下顎前突症患者で、本研究の内容を理解し、賛同の得られた 18 名 (男性 7 名、女性 11 名、手術時平均年齢 20 歳 7 か月 : 16 歳 1 か月 ~ 29 歳 5 か月) を被験者とした。被験者 18 名のうち、10 名は、上顎歯列正中に対し下顎歯列正中が 3 mm 以上偏位していた。

2. 資料

資料は、顎矯正手術直前と術後 3 か月時に被験者から採取された顔面三次元データ、歯列模型、および座標設定のための側面セファログラムとした。顔面三次元データは、顔面軟組織を非接触型三次元形状計測装置 (Vivid 9i, コニカミノルタセンシング社製) を用いて口唇閉鎖時の状態

Table 1 Summary of subjects

	Gender	Age at surgery	Overjet (mm)	Midline deviation (mm)
1	F	16y11m	-2.0	1.0
2	F	16y1m	-6.0	1.5
3	F	16y4m	-3.0	3.5
4	F	17y8m	-4.0	3.0
5	F	19y11m	-7.0	3.5
6	F	19y2m	-3.0	3.5
7	F	20y8m	-5.5	1.0
8	F	21y5m	-1.5	1.0
9	F	21y8m	0.0	5.0
10	F	24y0m	-4.5	3.0
11	F	29y5m	-3.5	2.0
12	M	17y8m	-3.0	3.0
13	M	18y5m	-3.5	2.5
14	M	20y4m	-4.0	5.5
15	M	20y7m	-5.5	2.0
16	M	22y7m	-2.0	0.5
17	M	23y4m	-2.0	3.5
18	M	25y9m	-1.5	3.5

Fig. 1 Integration of three dimensional facial and dental cast data (Cited from Kohara et al.⁷⁾)

A: Three-dimensional facial data on lip closure

B: Three-dimensional facial data at gingival exposure

C: Three-dimensional dental cast data

a: Glabella

b: Gingival region in the anterior teeth

Three dimensional facial and dental cast data were integrated by fitting each common area. Integrated three dimensional facial and dental data at before and after orthognathic surgery of each cases were integrated by forehead and nose area commonly used for such integration.

Fig. 2 Determination procedure of dimensional coordinates (Cited from Kohara et al.⁷⁾)

X axis: Parallel line including original point to the line connected with bilateral earrods

Y axis: Orthogonal line including original point with the reference plane

Z axis: Orthogonal line with X Y axis

Reference plane: the plane defined with bilateral earrods and left orbitale on soft tissue.

Original point: the point defined as the intersection point perpendicular line dropped from sella to reference plane.

Fig. 3 Establishment of the measurement sections, lines and values (Cited from Kohara et al.⁷⁾)

Red arrow: The hard tissue measurements are the distances from the original point to the hard tissue

Blue arrow: The soft tissue measurements are the distances from the original point to the soft tissue

Changes in hard tissues are the value subtract the hard tissue measurements after orthognatic surgery from those at before orthognatic surgery.

Changes in soft tissues are the value subtract the soft tissue measurements after orthognatic surgery from those before surgery.

Fig. 4 Regions analyzed

After Z plane was set to 90 degrees, soft tissue regions existing between 75 degrees and 105 degrees, and those over 105 degrees or less than 75 degrees were regarded as perioral soft tissue regions and buccal soft tissue regions respectively.

The former regions analyzed were divided into four regions; subnasal region, upper lip and lower lip regions, chin region.

The latter regions analyzed were classified into deviation side and non-deviation side according to direction of mandibular deviation.

(以下、口唇閉鎖顔面三次元データ)と口角鉤を装着し前歯部歯列を露出させた状態(以下、前歯部露出顔面三次元データ)で採取し、三次元構築用ソフトウェア(Polygon editing tool ver.2.20, コニカミノルタセンシング社製)を用いてすべて vivid データ形式とした。歯列三次元データは、非接触型三次元形状計測装置(LPX-60, Roland 社製)を用いて、0.2mm の計測ピッチで 6 面計測し、三次元構築用ソフトウェア(Pixoform PRO ver.1.0B, Roland 社製)を用いて stl データとした。

3. 顔面・歯列三次元データの作成、座標系の設定 (Fig. 1, Fig. 2)

顔面・歯列三次元データの構築方法、座標系の設定は以前の報告に準じて行った^{7,18)}。

すなわち、顔面・歯列三次元データは、術前、術後それぞれで構築し、術前、術後における顔面・歯列三次元データの額部と鼻柱を含む領域が両者で一致するように整合した。

座標系は、術前のデータにおける両側のイヤarroッド中心と、三次元データの投影像として位置合わせをした側面セファログラムを参考に設定した左側眼下点で決まる平面を基準平面として側面セファログラム上の Sella 点を顔面三次元データの正中矢状面上に変換し、変換した点から基準平面におろした垂線と基準平面の交点を原点として設定した。原点を通り基準平面上で両側イヤarroッドを結んだ直線に平行な直線を X 軸、原点を通り基準平面に直交する直線を Y 軸、原点を通り基準平面上で X 軸、Y 軸に直交する直線を Z 軸とし、原点から被験者の左方、前方、上方を正とした。

4. 計測方法および計測領域 (Fig. 3, Fig. 4)

顔面・歯列三次元データにおける鼻下点より下方について、基準平面に平行な 2 mm 間隔の計測断面を設定した。各計測断面上の Y 軸から 1 度ごとに放射状の直線を歯列三次元データの存在する範囲に設定した。Z 軸方向を 90 度として、75 度から 105 度の範囲を口腔周囲領域、75 度未満と 105 度を超える部位をそれぞれ左右頬部領域とした。さらに、口腔周囲領域について、解剖学的指標点の上唇点 (labrale superius) から口裂までを含む領域を上唇部、口裂から下唇点 (labrale inferius) までを含む領域を下唇部、上唇部より上の領域を鼻下部、下唇部より下の領域をオトガイ部として分割した。頬部領域については、上顎歯列正中に対する下顎歯列正中の偏位状態から、下顎歯列正中が偏位している方向を偏位側、その反対側を非偏位側と設定し、口角より上方を上頬部、下方を下頬部とした。

各断面上に設定した放射状の直線において、Y 軸から口唇閉鎖顔面三次元データまでの距離を軟組織計測値、Y 軸から歯列三次元データ唇側面までの距離を硬組織計測値と

し、三次元解析ソフトウェア (3D-Rugle メディックエンジニアリング社製)を用いて計測した。また、直線上の顔面三次元データを示す点から歯列三次元データを示す点までの距離を軟組織厚みとして計測した。さらに、術前の歯列模型における overjet、および上顎歯列正中に対する下顎歯列正中の偏位量を正中偏位量とし、ノギス (1/20mm 副尺付)を用いて計測した。

5. 分析方法

各症例の顎矯正手術前後それぞれにおける硬組織計測値の差 (術前硬組織計測値-術後硬組織計測値)を硬組織変化量、軟組織計測値の差 (術前軟組織計測値-術後軟組織計測値)を軟組織変化量、軟組織厚みの差を軟組織厚み変化量、軟組織厚み変化量/硬組織変化量を軟組織厚み変化率として算出した。

軟組織変化量を目的変数、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、術前軟組織厚み、overjet および正中偏位量を説明変数として、統計ソフトウェア (JMP, SAS Institute Japan 社製)を用いて、変数増減法による重回帰式 ($y = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i + c$)を算出した。説明変数の追加と削除の判定時の p 値は 0.2 に設定し、重回帰式の有効性をみる指標として自由度調整済み寄与率 R^2 を算出した。

なお、本研究は新潟大学歯学部倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 22-R24-09-10)。

結 果

自由度調整済み寄与率は、それぞれ偏位側上頬部 0.533、偏位側下頬部 0.716、鼻下部 0.284、上唇部 0.687、下唇部 0.859、オトガイ部 0.862、非偏位側上頬部 0.441、非偏位側下頬部 0.652 であった (Table 2, Fig. 5 ~ 12)。

重回帰式から導き出された偏重回帰係数および切片を Table 3 に示した。偏位側上頬部、上唇部、オトガイ部、非偏位側下頬部においては、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、術前軟組織厚み、overjet、正中偏位量が説明変数としてそれぞれ選択された。偏位側下頬部および非偏位側上頬部では、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、術前軟組織厚み、overjet が、鼻下部では、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、overjet が説明変数として選択された。また、下唇部では、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、術前軟組織厚み、正中偏位量が説明変数として選択された。

考 察

1. 対象と方法について

本研究では、顎変形症と診断され両側下顎枝矢状分割法により下顎単独後退術を施行した骨格性下顎前突症患者 18 名を対象とした。被験者のうち 10 名で、上顎歯列正中に対して下顎歯列正中に 3 mm 以上の偏位を認めた。今

Table 2 R^{*2} and RMSE in the regions analyzed

Analyzed regions	R^{*2}	RMSE
Upper buccal region of deviation side	0.533	0.649
Lower buccal region of deviation side	0.716	1.081
Subnasal region	0.284	0.605
Upper lip region	0.687	0.931
Lower lip region	0.859	0.817
Chin region	0.862	0.696
Upper buccal region of non-deviation side	0.441	0.61
Lower buccal region of non-deviation side	0.652	0.926

Fig. 5 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the upper buccal region of the deviation side.

Fig. 7 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the subnasal region.

Fig. 6 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the lower buccal region of the deviation side.

Fig. 8 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the upper lip region.

回、下顎骨の偏位を評価するための基準としては上顎正中に対する下顎正中の偏位量を用いた。正面セファログラムによる正常日本人におけるメントンの側方への偏位量は、 $0.08 \pm 0.32\text{mm}$ とされ、範囲は $0.00\text{mm} \sim 1.30\text{mm}$ である²⁸⁾。下顎単独後退術施行症例では上顎歯列の正中は顔面正中にほぼ一致しており、術前矯正治療後において下顎歯列正中はメントンとほぼ一致していると考えられることから、正中偏位量が 3mm 以上である症例では下顎骨偏位があると評価した。

近年、顎変形症例では偏位を伴う症例が多く、術後における咬合の安定性および顔貌の対称性を考慮して上下顎移動術を施行する割合が高く、顎矯正手術全体の $60 \sim 75\%$ を占めるとの報告もある²⁹⁾。したがって、術後シミュレ-

Fig. 9 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the lower region.

Fig. 11 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the upper buccal region of the non-deviation side.

Fig. 10 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the chin region.

Fig. 12 Correlation of the predicted value of soft tissue variation and the measured value of soft tissue variation in the lower buccal region of the non-deviation side.

ションが可能な予測システムを確立するにあたっては偏位を伴う症例を視野に入れる必要がある。しかしながら上下顎移動術では、上下顎骨の移動様相が多様であるため硬組織の移動に対する軟組織の変化は複雑で、その分析は困難であることが予想される。そこで今回は、偏位を伴う症例を対象とはしたが、高度な予測システム確立の第一段階として、下顎単独後退術施行症例を選択し下顎骨の移動に対する軟組織の変化様相を重回帰により分析した。その結果、重回帰分析の説明変数として下顎骨回転量を表す正中偏位量および下顎骨後退量を表す overjet を追加することで、顎偏位の有無による下顎骨の後退様相の相違による場合分けを行うことなく下顎骨後方移動に対する軟組織の変化を説明できた。

顎矯正手術による軟組織変化は、顎骨の後退に追従した同方向の変化と、顎骨の後退に伴って生じる各種表情筋の緊張緩和による軟組織自体の厚み変化とが複合したものと考えられる。したがって、軟組織の変化を正確に捉えるためにはこの軟組織自体の厚み変化を正確に捉える必要がある。軟組織自体の厚み変化を正確に捉えるための有効な手法として、軟組織表面に対する法線方向の計測が挙げられる。比地岡⁸⁾、野村ら⁹⁾の方法では、Z軸方向の軟組織の変化を計測しており、正中付近では実際の軟組織の厚みを捉えられるが、側面では、計測線が軟組織表面に対する法線と大きくずれるため、今回の研究で設定した計測領域のうち、頬部領域では軟組織自体の厚み変化の誤差が大きくなる。そこで今回は、山崎ら²⁰⁾、小原ら⁷⁾の手法に準じ、

Table 3 Results of multiple regression analysis

	Regions analyzed	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	c
P.R.C	1	0.222	0.464	0.017	0.048	-0.034	-0.381
	2	1.039	0.580	0.003	0.250	-	-0.225
	3	0.069	0.338	-	0.065	-	0.580
	4	0.149	0.727	0.007	0.180	-0.078	0.776
	5	1.030	0.793	-0.013	-	0.245	-0.994
	6	1.092	0.840	0.006	0.076	0.169	-1.064
	7	0.060	0.376	-0.002	0.027	-	0.907
	8	0.782	0.642	-0.010	-0.128	0.095	-0.164
S.E	1	0.0070	0.0084	0.0008	0.0069	0.0082	0.0424
	2	0.0112	0.0114	0.0014	0.0106	-	0.0621
	3	0.0078	0.0108	-	0.0081	-	0.0391
	4	0.0128	0.0117	0.0017	0.0134	0.0162	0.0905
	5	0.0098	0.0114	0.0013	-	0.0137	0.0714
	6	0.0105	0.0128	0.0011	0.0108	0.0107	0.0581
	7	0.0073	0.0072	0.0007	0.0056	-	0.0324
	8	0.0113	0.0106	0.0012	0.0089	0.0116	0.0679
t value	1	31.83	54.92	21.62	6.9	-4.2	-8.99
	2	92.68	50.94	1.96	23.51	-	-3.62
	3	8.9	31.18	-	8.11	-	14.85
	4	11.65	62.33	4.25	13.47	-4.84	8.58
	5	104.58	69.86	-10.09	-	17.94	-13.92
	6	104.03	65.89	5.4	7.02	15.75	-18.31
	7	8.25	52.32	-3.13	4.84	-	28.04
	8	69.54	60.45	-8.62	-14.41	8.22	-2.42
p value	1	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	2	0	0	0.0501	<0.0001	-	0.0003
	3	<0.0001	<0.0001	-	<0.0001	-	<0.0001
	4	<0.0001	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	5	0	0	<0.0001	-	<0.0001	<0.0001
	6	0	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	7	<0.0001	0	0.0018	<0.0001	-	<0.0001
	8	0	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0157

P.R.C: partial regression coefficient

S.E: standard error

1: Upper buccal region of deviation side

2: Lower buccal region of deviation side

3: Subnasal region

4: Upper lip region

5: Lower lip region

6: Chin region

7: Upper buccal region of non-deviation side

8: Lower buccal region of non-deviation side

b₁: the changes in hard tissuesb₂: variation of soft tissues' thickness

(the change in soft tissue/the change in hard tissue)

b₃: soft tissues thickness pre orthognathic surgeryb₄: overjetb₅: midline deviation

c: intercept

正中矢状面上 sella を基準として設定した断面上の原点から放射状に計測線を延ばして硬組織、軟組織の変化を計測した。その結果、この手法を用いることで頬部領域においても法線に近い計測線が設定され、より正確な軟組織変化を捉えられたと考える。

2. 軟組織の変化について

手術に伴う軟組織変化を、術前の軟組織形態などを考慮し評価した研究としては、側面セファログラムを用いて重回帰分析を行ったいくつかの報告^{1,3-6)}がある。Radney⁵⁾は、上顎骨の挙上を伴う上下顎移動術を施行した長顔型症例の硬組織と軟組織との相関について、側面セファロ

グラムを用いて二次元的に単回帰分析および重回帰分析により検討した。その結果、単回帰式では硬組織変化に対する軟組織変化の水平的な予測のみ可能であったのに対し、重回帰式では同時に垂直的な予測も可能となり、軟組織の形態的特徴を含めた複数の項目との関係も明らかになり重回帰分析の有効性が示された。河内ら¹⁾は、側面セファログラムを用いて上下顎移動術施行症例について上顎骨の移動方向別に分類し、術後の鼻部・上唇部軟組織側貌の形態変化様相を、対応する硬組織上の7計測点のX、Y座標値および術前軟組織の形態(鼻部の高さ、上唇基部、赤唇部の厚さ)を説明変数として軟組織計測点12点それぞれのX、Y座標値について重回帰式を算出し、硬組織の計測項目以外に、軟組織厚み(上唇基部厚み、赤唇部厚み)、nasolabial angle が関与しているとした。また、飛田ら⁶⁾は、下顎枝矢状分割法単独施行症例のうち偏位の少ない骨格性下顎前突症患者を対象とし、術後軟組織計測点の水平的、垂直的位置を目的変数、初診時の硬組織、軟組織計測点の座標値と軟組織厚みおよび術後硬組織計測点の座標値を説明変数として重回帰分析を行い、術後の口唇部軟組織形態には上顎前歯の位置が、オトガイ軟組織には手術による硬組織の変化がそれぞれ最も関係していると述べている。しかしステップワイズ法において得られた重回帰式では、初診時における軟組織の厚みも選択され、また、軟組織変化量の説明には硬組織のみならず軟組織の項目も関係したとしている。さらに、下顎枝矢状分割法を適用した偏位の少ない下顎前突症患者を対象に、硬組織に関連した11項目と軟組織変化量に関連した4計測項目を説明変数、軟組織変化量を目的変数として重回帰分析を行った研究³⁾では、上唇点付近を除いた領域では下顎後方移動と軟組織の変化様相との間に高い相関を示し十分な精度で予測可能であったが、上唇点付近についても軟組織の厚みを説明変数に加えることにより高い精度で軟組織側貌の予測が可能になると推察した。一方、顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症を対象とし、X線CTを用いて三次元的に軟組織変化を調べた山崎ら²⁰⁾は、上下顎移動術施行後の硬組織に対する軟組織の追従率は、術前における軟組織の厚径、下顎骨の偏位による術前軟組織の伸展、緊張および術後軟組織の弛緩による厚みの変化など複数の因子が関連していることを示した。

本研究では、以上の報告を参考にoverjet、正中偏位量、軟組織の術前厚み、軟組織厚み変化率、硬組織変化量を説明変数として設定し、変数増減法を用いて検討を行った。説明変数を設定するにあたっては新たな計測による計測誤差を考慮し、本計測方法から導き出せる変数として、硬組織変化量、軟組織厚み変化率、術前軟組織厚みを算出した。また、下顎骨後退時の変化様相は、後退量と回転量の大きさによって変化するため、それぞれ後退量に関する説

明変数をoverjet、回転量に関する説明変数を正中偏位量として設定した。

変数増減法の結果、自由度調整済み寄与率が、偏位側上頬部で0.533、偏位側下頬部で0.716、鼻下部で0.284、上唇部で0.687、下唇部で0.859、オトガイ部で0.862、非偏位側上頬部で0.441、非偏位側下頬部で0.652であった。自由度調整済み寄与率は、一般に0.7以上が有効とされる³⁰⁾ことから、偏位側下頬部、下唇部、オトガイ部においては、重回帰式を用いて軟組織変化を十分説明できると考えられる。

一方、上唇部についてみると、術前では下顎切歯および下唇の影響を強く受け、術後では上顎切歯の位置の影響を受けるためその変化は複雑であるとされる⁴⁾。単相関を用いた研究¹⁸⁾では、上唇部領域の硬組織変化量に対する軟組織変化量の寄与率が0.07であったのに対し、重回帰式を用いた本研究では自由度調整済み寄与率が0.7は下回ったものの0.687と大きく向上した。したがって、軟組織変化には硬組織と軟組織に関する複数の因子が関与していることが推察された。上唇部での変化をさらに正確に予測するためには、より多くの症例を対象とし、術前の下顎前歯による上唇部の突き上げの程度をはじめ、形態的特徴を示す新しい項目を加えるなどさらなる検討が必要と考えられる。同様に、他の上部3領域においても、軟組織変化には硬組織と軟組織に関する複数の因子の関与が推察される。

自由度調整済み寄与率が0.7以上で有効な重回帰式を得たのは、偏位側下頬部、下唇部およびオトガイ部であった。オトガイ部では、設定した5項目全てが説明変数として選択されたのに対し、下唇部ではoverjet、偏位側下頬部では正中偏位量を除いた4つの説明変数が関係していた。下唇部では、硬組織計測値がZ軸方向とほぼ平行に設定されたこと、およびoverjetの計測部位が下唇部領域に含まれることから硬組織変化量とoverjetとの相関が強くなりoverjetが選択されなかったと推察される。また、偏位側下頬部は硬組織の大きな移動に伴って軟組織変化が大きく寄与率も高いことから、正中偏位量の関与が小さいと推察される。

今回の重回帰式から得られた自由度調整済み寄与率を単回帰分析で行った結果²⁰⁾と単純比較してみた場合、寄与率は各領域で高い値を示したことから、硬組織変化量と軟組織変化量間の単一の関係を求めた単回帰式よりも軟組織の形態的特徴や咬合関係に係わる項目を加えることで回帰式の精度が向上し、術前後の軟組織変化をより正確に求められる可能性が示唆された。さらに、得られた重回帰式は、下顎単独後退術を施行した下顎偏位を伴う症例の術前後における顔面軟組織の変化を十分高い精度で説明することが可能であった。したがって、重回帰分析は下顎単独後退術施行前後の硬組織変化に伴う顔面口腔周囲軟組織形態

の三次元変化を説明するのに有効な方法であることが明らかとなった。

3. 今後の展望

今回選択された説明変数のうち、軟組織の反応性を示す変数として軟組織厚み変化率を用いたが、この説明変数は術前後のデータにより算出される。重回帰式を顎矯正手術後のシミュレーションに応用していくためには、説明変数全てが術前に得られる計測項目であることが望まれる。今後は術前の計測項目の中で軟組織の反応性を表す有効な指標について検討を続けていく予定である。

結 語

非接触型三次元形状計測装置を用いて採取したデータから構築した顔面・歯列統合三次元データを応用し、下顎単独後退術施行前後の硬組織変化に伴う顔面口腔周囲軟組織形態の三次元変化様相について重回帰分析にて検討した。その結果、軟組織変化には多因子が関与していることが示され、重回帰分析は、術前後の顔面口腔周囲軟組織形態の変化様相の説明に有効であることが示唆された。

稿を終えるにあたり、数々のご助言をいただいたメディックエンジニアリング（株）谷尻豊寿氏に深く感謝いたします。

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究（C）（課題番号 22592281；代表者 齋藤 功）の支援を受けて行った。また、本研究の一部は、第 70 回日本矯正歯科学会（2011 年 10 月 17 日～20 日）において発表した。

文 献

- 河内満彦, 他: 顎矯正手術後の鼻部・上唇部軟組織側貌変化の予測に関する研究—上顎骨の移動方向別に分類した多変量解析による検討, 日顎変形誌, 8: 170-185, 1998.
- 長谷川暁子, 他: 骨格性下顎前突症患者の上下顎移動術に伴う軟組織側貌の変化—Cheek line の検討—, 日顎変形誌, 13: 83-91, 2003.
- 吉野清吉, 他: 下顎前突患者における下顎枝矢状分割術後の軟組織側貌の予測とその説明変数の検討, 日顎変形誌, 5: 16-30, 1995.
- Robinson, S.W., et al.: Soft tissue profile change produced by reduction of mandibular prognathism, Angle Orthod, 42: 227-235, 1972.
- Radney, L.J., et al.: Soft tissue changes associated with surgical total maxillary intrusion, Am J Orthod, 80: 191-212, 1981.
- 飛田康平, 他: 骨格性下顎前突症における外科的矯正治療後の軟組織側貌の予測, Orthod Waves-Jpn Ed, 66: 72-80, 2007.
- 小原彰浩, 他: 顔面軟組織形状と歯列石膏模型の三次元データ統合精度の検討, 日顎変形誌, 19: 193-198, 2009.
- 比地岡浩志: 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, 日顎変形誌, 8: 157-169, 1998.
- 野村泰慎, 他: レーザー三次元形状計測装置を使った顎矯正手術による顔面形態変化の分析, 口科誌, 47: 408-416, 1998.
- 稲見佳大, 他: 上下顎移動術による中顔面軟組織の三次元表面形状変化—非接触型レーザー三次元形状計測装置を用いて—, 日顎変形誌, 13: 35-43, 2003.
- 中川公貴, 他: 非接触型顔面三次元表面形状計測装置の計測特性に関する検討, 新潟歯学会誌, 31: 147-152, 2001.
- 初川貴司, 他: 成人女子骨格型反対咬合症に適用された上下顎移動術による三次元的顔貌変化の予測シミュレーション, Orthod Waves, 61: 40-51, 2002.
- 神尾 崇, 他: 頭部固定装置を備えた非接触型三次元計測装置を用いた顎顔面軟組織形状の計測—ソフトウェア上での頭位補正機能の精度検証—, 日顎変形誌, 15: 47-58, 2005.
- 加納浩之, 他: 非接触型三次元表面形状計測装置による上下顎移動術後における中顔面軟組織形態の変化の検討—とくに外鼻形態について—, 日顎変形誌, 14: 1-10, 2004.
- 南 克浩, 他: 外科的矯正治療前後の硬軟組織変化の三次元的解析と術後顔貌予測, 口科誌, 40: 620-630, 1991.
- 前田有美, 他: 距離画像合成による顔面三次元形状データ補完法の開発と顔面特徴点自動抽出への応用, 阪大歯学誌, 46: 1-24, 2001.
- 伊藤尚史, 他: 三次元形状データからの外鼻特徴点自動抽出法の開発, 阪大歯学誌, 45: 1-38, 2000.
- 小原彰浩, 他: 下顎骨後方移動術前後における口腔周囲軟組織形態の三次元変化様相の解析—顔面・歯列模型統合三次元データの応用—, 日顎変形誌, 22: 208-215, 2012.
- 南 克浩, 他: CT 画像三次元再構築システムの開発とその生態計測への応用の試み, 阪大歯学誌, 36: 203-223, 1991.
- 山崎幸一, 他: 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症患者における顎矯正手術後の硬組織変化に対する軟組織変化の三次元分析, 日顎変形誌, 15: 87-94, 2005.
- 寺嶋雅彦, 他: 顎変形症患者における顎顔面形態の三次元統合システムの開発, 日矯歯誌, 64: 114-124, 2005.
- 布留川 創, 他: 顎矯正手術のコンピューターシミュレーションのための三次元情報統合システム, 日顎変形誌, 10: 281-289, 2000.
- 寺嶋雅彦, 他: 下顎前突症患者の下顎枝矢状分割術による形態変化の三次元的シミュレーション, 日顎変形誌, 11: 194-204, 2001.
- 安井常晴: 3D-CT と歯列 3 次元データの融合モデルを用いた顎変形症手術シミュレーションシステムの開発, 歯科医学, 67: 186-194, 2004.
- 野口信宏, 他: 顎矯正手術シミュレーションシステムの開発, 日顎変形誌, 12: 69-76, 2002.
- 宮島貴博: 口腔・顎・顔面における統合的三次元計測系開発のための基礎的研究, 阪大歯学誌, 41: 167-187, 1996.
- 清水英孝: 統合 3 次元データによる顎矯正手術シミュレーションシステムの開発, 阪大歯学誌, 44: 1-25, 1999.

- 28) 近藤悦子：日本人成人男女についての頭部 X 線規格正貌写真法による検討, 日矯歯誌, 31 : 117-136, 1972.
- 29) 小栗由充, 他：新潟大学医歯学総合病院矯正歯科診療室における過去 10 年間の外科的矯正治療適用症例の動向, 日顎変形誌, 20 : 297-304, 2010.
- 30) Riccardo, R., et al.: Dogotal dental cast placement in 3-dimensional full-face reconstruction: A technical evaluation, Am J Orthod Dentofacial Orthop, 138 : 84-88, 2010.