顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症例の下顎骨形態の三次元計測による検討

植 木 亮 和¹⁾ 野 嶋 邦 彦²⁾ 西 井 康²⁾
末 石 研 二²⁾ 神 尾 崇³⁾ 高 木 多 加 志⁴⁾
高 野 伸 夫^{4,5)}

Investigation of Mandibular Morphology in Patients with Mandibular Protrusion and Facial Asymmetry by Three-dimensional Measurement

AKIKAZU UEKI¹⁾, KUNHIKO NOJIMA²⁾, YASUSHI NISHII²⁾,
KENJI SUEISHI²⁾, TAKASHI KAMIO³⁾, TAKASHI TAKAKI⁴⁾
and NOBUO TAKANO^{4,5)}

Abstract

With the exception of congenital anomalies, facial asymmetry is regarded as being caused by mandibular growth abnormalities in many cases. Conventionally, two-dimensional analysis using cephalometric X-rays is carried out to design the plan for orthognathic surgery. To improve the treatment outcome, however, it may be necessary to elucidate the factors responsible for asymmetry by performing three-dimensional analysis of the craniofacial morphology.

The objective of the present study was to perform three-dimensional measurements of the mandible using three-dimensional computed tomography (3D-CT) in patients with facial asymmetry requiring orthognathic surgery, and to identify the morphological characteristics of the mandible by comparing the deviated and non-deviated sides.

3D-CT images of 36 patients with facial asymmetry (≥ 4 mm deviation of the mandibular midline) were analyzed using 3D planning software for orthognathic surgery. A total of 10 items were measured, including five angle measurements and five linear measurements with reference to the entire mandible, the mandibular

body, or the mandibular ramus.

The deviated and non-deviated sides were measured, and values were compared using the paired Student's t-test. Multi-regression analysis (step-wise selection) was also performed to evaluate the deviation of the mandibular midline and the items measured.

In patients with facial asymmetry, a comparatively large mandibular ramus, mandibular body, and condylar process length were observed on the non-deviated side compared with the deviated side, with the mandibular ramus rotated anteromedially along the superior-inferior, left-right, and anterior-posterior axes. These differences between the deviated and non-deviated sides in the morphological characteristics of the mandible resulted in mandibular deviation and rotation. However, no left-right differences were observed in mandibular body height, mandibular body roll, or gonial angle. Our findings also suggested that deviation of the mandibular midline was significantly affected by mandibular ramus length, mandibular body length, and mandibular ramus pitch.

Key words: facial asymmetry (顔面非対称), three-dimensional measurement (三次元計測), mandibular morphology (下顎骨形態)

[Received Aug. 18, 2014]

¹⁾ 田村矯正歯科 (院長: 田村 元)

²⁾ 東京歯科大学歯科矯正学講座 (主任: 末石研二教授)

³⁾ 東京歯科大学歯科放射線学講座 (主任代行: 和光 衛准教授)

⁴⁾ 東京歯科大学口腔外科学講座 (主任: 柴原孝彦教授)

⁵⁾ 東京歯科大学口腔がんセンター (センター長: 高野伸夫教授)

¹⁾ *Tamura Orthodontic Office* (Orthodontist: Hajime TAMURA)

²⁾ *Department of Orthodontics, Tokyo Dental College* (Chief: Prof. Kenji SUEISHI)

³⁾ *Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Tokyo Dental College* (Acting Chief: Associate Prof. Mamoru WAKOH)

⁴⁾ *Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Tokyo Dental College* (Chief: Prof. Takahiko SHIBAHARA)

⁵⁾ *Oral Cancer Center, Tokyo Dental College* (Chief: Prof. Nobuo TAKANO)

緒 言

顎顔面部の非対称は先天性のもののほか、胎児期、幼児期、青年期の環境因子に起因することが知られている¹⁾。下顎頭肥大、咀嚼筋の不調和などの要因も指摘されており、その原因は多岐にわたっている。成人症例では顔面非対称やそれに付随する審美性、機能性の障害は矯正治療単独での改善は容易ではなく、顎矯正手術の併用が必要になる。

顔面非対称における治療方針、顎矯正手術治療の決定には頭部 X 線規格写真による二次元的な分析が行われているが、拡大率の差や撮影状況により歪みが生じる可能性があるため、的確な診断ならびに治療計画の立案を行うことは困難である^{2,3)}。よりよい治療結果を得るためには、X 線 CT 画像による三次元分析により顎骨形態を詳細に把握し、顔面非対称の原因の究明と治療計画の立案が必要であると考えられる⁴⁾。

顔面非対称症例の三次元分析では、その形態的特徴として中下顔面領域の要因が挙げられており⁵⁾、特に下顎骨に起因しているとの報告が見受けられる⁶⁾。しかしながら、非対称の主たる要因となる下顎骨を詳細に分析し正中偏位量に影響を与える因子について検討した報告は見当たらない。

そこで、本研究では顔面非対称と診断された症例の X 線 CT 画像を用いて下顎骨を三次元的に計測して、その形態的特徴を偏位側、非偏位側で比較し、下顎の正中偏位量に影響を与える因子を検討した。

研究方法

1. 研究対象

顔面の非対称を主訴に東京歯科大学千葉病院口腔外科・矯正歯科を受診し、術前検査として X 線 CT 撮影を行った 54 名のうち、大臼歯関係が Class III、矯正治療の経験がなく、顎顔面頭蓋部の先天異常のない患者 36 名（男性 13 名、女性 23 名、平均年齢 21.0 ± 8.0 歳、下顎正中偏位量 4 mm 以上）を対象とした。

2. 計測方法

抽出した症例の三次元 CT 画像を三次元頭蓋・顎矯正手術シミュレーションソフト (SimPlant[®] CMF, V9.2, Materialise) で計測した。

三次元平面の基準平面として Horizontal plane, Sagittal plane, Coronal plane (以下それぞれ HP, SP, CP とする) を以下のように設定した。HP は両側の Porion および左側の Orbitale を通る平面とした。SP は HP に垂直で、Sella および鶏冠 Crista gali を通る平面とした。CP は HP および SP に垂直で Sella を通る平面とした。

下顎骨においてはその対象の特異性ゆえ顔面の基準平

面では基準点の設定が困難であるため独自に三次元の基準平面を設定した。下顎骨における CP (以下 MdCP) は CP と同一平面とした。下顎骨における HP (以下 MdHP) は両側オトガイ孔最下縁点 (Mental foramen) を通り、MdCP に垂直な平面とした。下顎骨における SP (以下 MdSP とする) は Pogonion を通り MdHP および MdCP に垂直な平面とした。

基準点は頭蓋部、上顎骨、下顎骨に計 20 点設定し、左右存在する場合は両側の計測を行った (Table 1, Fig. 1)。骨表面上の基準点は三次元構築画像上に直接プロットし、空間上の基準点は断面図上からプロットした。

上下顎の側方偏位量は SP を基準とし、上顎正中偏位量は ANS と SP の距離、下顎正中偏位量は Me と SP の距離で算定した。また、上下顎の前後的位置関係は三次元計測における ANB を用いた。基準点をもとに下顎正中偏位量に影響をおよぼすことが予想される計測部位を設定し、偏位側・非偏位側を計測した。計測項目は下記の 10 項目である (Table 2, Fig. 2)。

【下顎骨全体】

- 1) 下顎長 (Total mandibular length)
- 2) 下顎角 (Gonial angle)

【下顎骨体部】

- 3) 下顎骨体長径 (Mandibular body length)
- 4) 下顎骨体高径 (Mandibular body height)
- 5) 下顎骨体前後軸回転 (Mandibular body roll)

【下顎枝部】

- 6) 下顎枝長径 (Mandibular ramus length)
- 7) 下顎枝左右軸回転 (Mandibular ramus pitch)
- 8) 下顎枝前後軸回転 (Mandibular ramus roll)
- 9) 下顎枝上下軸回転 (Mandibular ramus yaw)
- 10) 関節突起長径 (Condylar process length)

3. 統計学的分析

計測結果は偏位側、非偏位側で対応のある Student の t 検定を行った。偏位側、非偏位側で有意差のみられた項目については、下顎正中偏位量に影響を与える変数として重回帰分析 (ステップワイズ法) を行い、その関連を検討した。統計解析には統計解析用ソフト SPSS for Windows 11.0 (SPSS Japan Inc.) を使用した。

結 果

対象者の顎態は ANB $0.6 \pm 3.1^\circ$ 、上顎正中偏位量は 1.2 ± 0.8 mm、下顎正中偏位量は 10.2 ± 3.7 mm であった。36 名中下顎が左側に偏位を認めたものが 28 名、右側に偏位を認めたものが 8 名であった (Table 3)。

下顎長、下顎骨体長径、下顎枝長径、関節突起長径では非偏位側が有意に大きかった ($P < 0.01$)。下顎枝左右軸回転、下顎枝前後軸回転、下顎枝上下軸回転では偏位側

Fig. 1 Landmarks

1 S, 2 N, 3 Cg, 4 Or, 5 Po, 6 Pt A, 7 ANS, 8 Pt B, 9 Pog, 10 Gn, 11 Me, 12 Mf, 13 IMr, 14 PMr, 15 Cd_{post}, 16 Cd, 17 CL6, 18 IMb, 19 R1, 20 R3

Table 1 Landmarks
Landmarks at the mandible are based on MdSP, MdHP and MdCP

Landmarks		Definition
Midface	S	Sella, The center of sella turcica
	N	Nasion, The junction of the nasal and frontal bones in the midline
	Cg	Crista galli, Most superior point of crista galli of ethmoid bone
	Or	Orbitale, The most inferior point of the lower margin of the bony orbit
	Po	Porion, The most superior point of external auditory meatus
Maxilla	Pt A	Point A, The deepest point on the premaxilla between anterior nasal spine and prosthion
	ANS	ANS, The most anterior point of the anterior nasal spine
Mandible	Pt B	Point B, The most posterior point of the bony curvature of the mandible below infradental and above pogonion
	Pog	Pogonion, The most anterior point on the protuberantia mentalis
	Gn	Gnation, The most anteroinferior point in the symphysis between Pog and Me
	Me	Menton, The most inferior point of the symphysis
	Mf	Mental foramen, The most inferior point of the mental foramen
	IMr	Inferior border of mandibular ramus
	PMr	Posterior border of mandibular ramus
	Cd _{post}	The most posterior point of the condylar head
	Cd	Condylion, The most superior point of the condylar head
	CL6	Center of mesial root, in mandibular first molar
	IMb	Inferior border of mandibular body directly under CL6
	R1	The most posterior point in anterior border of mandibular ramus
	R3	The most inferior point of ramus notch

が有意に大きかった ($P < 0.01$)。下顎骨体高径および下顎骨体前後軸回転、下顎角では有意な差を認めなかった (Table 4)。

重回帰分析法では目的変数として下顎正中偏位量、説明変数として有意に左右差が出た項目である下顎骨体長径、下顎枝長径、下顎枝左右軸回転、下顎枝前後軸回転、下顎

枝上下軸回転についてそれぞれの左右差を設定した。重回帰分析の結果、下顎正中偏位量に影響を与える変数として有意に抽出されたものは下顎枝長径、下顎骨体長径、下顎枝左右軸回転の左右差であった。相関係数は $|R| = 0.816$ であり、高い相関を認めた (Table 5)。

重回帰分析法では説明変数として上述の 5 項目を用いた

Fig. 2 Measurement item

1 Total mandibular length, 2 Gonial angle, 3 Mandibular body length, 4 Mandibular body height, 5 Mandibular body roll, 6 Mandibular ramus length, 7 Mandibular ramus pitch, 8 Mandibular ramus roll, 9 Mandibular ramus yaw, 10 Condylar process length

Table 2 Measurement item

Measurement item		Definition
Entire mandible	Total mandibular length	Distance between Cd and Gn
	Gonial angle	Angulation between Cd _{post} -PMr and IMr-Me
Mandibular body	Mandibular body length	Distance between IMr and Me
	Mandibular body height	Distance between CL6 and IMb
	Mandibular body roll	Angulation among CL6, IMb and IMb
Mandibular ramus	Mandibular ramus length	Distance between Cd and IMr
	Mandibular ramus pitch	Angulation between Or-Po and Cd _{post} -PMr
	Mandibular ramus roll	Angulation among Cd _{post} , Cd _{post} and PMr
	Mandibular ramus yaw	Angulation among Cd _{post} , Cd _{post} and R1
	Condylar process length	Distance between Cd and R3

が、下顎長と関節突起長径の左右差は下顎正中偏位量と有意差がみられたものの、お互いに高い相関を示し ($|R| = 0.743$), 重回帰分析における多重共線性を防ぐため説明変数から除いた。

考 察

今日、頭部 X 線規格写真での二次元分析法が日常の診断で多く用いられている。一方、三次元分析法を用いることで撮影時の頭位に関係なく実測値が計測できること、作

Table 3 Feature of the subject

	Male	Female	Average age (y)	The diviation of mandible (mm)	ANB (°)	Right side shift	Left side shift
subject	13	23	21.0 ± 8.0	10.2 ± 3.7	0.6 ± 3.1	8	28

Table 4 The comparison of deviated side with non-deviated side

	Deviated side		Non-deviated side		P value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Total mandibular length (mm)	124.98	10.02	133.52	7.97	< 0.01
Gonial angle (deg)	57.20	5.69	56.46	6.77	0.39
Mandibular body length (mm)	82.20	5.84	85.54	5.39	< 0.01
Mandibular body height (mm)	26.20	3.22	26.20	3.44	0.98
Mandibular body roll (deg)	71.05	7.14	72.44	8.05	0.12
Mandibular ramus length (mm)	60.68	8.01	67.42	8.44	< 0.01
Mandibular ramus pitch (deg)	82.75	3.73	79.55	4.75	< 0.01
Mandibular ramus roll (deg)	85.61	5.35	78.37	4.93	< 0.01
Mandibular ramus yaw (deg)	80.19	4.98	75.79	4.87	< 0.01
Condylar process length (mm)	26.10	4.64	30.70	4.41	< 0.01

Table 5 The results of Multi-regression analysis

	Regression coefficient	Standard error	Standardized regression coefficients
Intercept	4.575	0.831	4.575
The difference between bilateral Mandibular body length	- 0.422	0.105	- 0.496
The difference between bilateral Mandibular ramus pitch	0.325	0.123	0.277
The difference between bilateral Mandibular ramus length	- 0.474	0.070	- 0.841
Coefficient of correlation (R)		0.816	
R ²		0.666	

図上の点でなく解剖学的な計測点を計測に使用できること、容積の分析が可能なことなど顔面非対称症例においてはより正確な診断、顎矯正手術を含む治療計画の立案が可能になる^{7,8)}。しかしながら、三次元画像上での計測点ならびに計測項目についてコンセンサスの得られている方法は存在しない。医療倫理上健常者の X 線 CT 撮影は困難であるため、健常者の平均値も得られていないのが現状である。今後の三次元分析の課題として、統一した計測点、計測項目の設定と健常者における平均値の算定が必要であると考ええる。

アメリカ口腔外科学会では非対称の定義を骨格的な

3 mm 以上のずれと定義している⁹⁾。また、骨格的な下顎の偏位が 4 mm 以上の場合、軟組織上でも非対称性を感じるという報告もある^{6,10)}。今回、より顕著な顔面非対称症例の抽出を目的として下顎正中偏位量が 4 mm 以上の症例を選択した。

Yáñez-Vico ら¹¹⁾は顔面非対称症例と健常者との三次元分析での比較でその偏位の要因として下顎枝の前後、側方への傾斜を挙げている。Ⅲ級不正咬合患者における顔面非対称症例の三次元分析では、下顎枝の過成長と前方への傾斜、上顎骨の垂直的な過大が非対称性の要因として挙げられている⁵⁾。また、角度には差がなく、非偏位側の下

Fig. 3 Schema of mandibular morphology

1 Frontal view : mandibular ramus length of non-deviated side was longer. 2 Lateral view : mandibular ramus of non-deviated side rotated anteriorly. 3 Axial view : mandibular body length of non-deviated side was longer.

顎枝、下顎骨体部の長径が有意に長かったとの報告もある¹²⁾。

本研究の結果では、これらの報告と同様の傾向を認めた。顔面非対称症例の下顎骨の形態的特徴として、偏位側下顎枝および下顎骨体の長径、関節突起長径が非偏位側より小さく、非偏位側下顎枝は偏位側と比べ上下、左右、前後軸において前内方へ回転した (Fig. 3)。しかし、下顎角、下顎骨体高径および下顎骨体前後軸回転に偏位側、非偏位側で差は見られなかった。下顎骨体高径、前後軸回転には偏位側、非偏位側の差が認められなかったため、顔面非対称症例で咬合が確立している場合、上下顎骨の歯の補償的な傾斜や挺出が認められ、確立していない場合は交叉咬合や開咬などの不正咬合が認められることが考えられる。

また、下顎骨の正中偏位量には下顎枝長径、下顎骨体長径、下顎枝左右軸回転が大きな影響を与えることが示唆された。

重回帰分析で下顎骨正中偏位量に影響を与える変数として、下顎枝前後軸回転、上下軸回転は棄却されたが、一方で下顎枝左右軸回転は唯一角度の変数として採用された。咬筋と内側翼突筋は下顎枝を外側、内側から前後的に幅を持って支えているが、下顎枝を前後方向に相反して支えている筋は存在しない。そのため、顔面非対称の原因の一つとして咀嚼筋バランスの変化も挙げられてはいるが^{1,13)}、下顎枝長径、下顎骨体長径に左右差が生じた場合、角度の変化として下顎枝の左右軸回転に影響が生じやすいと考えられた。

顔面非対称症例での顎矯正手術においては下顎枝矢状分割術 (Sagittal split ramus osteotomy ; SSRO)、下顎枝垂直骨切り術 (Intraoral vertical ramus osteotomy ; IVRO) やその変法である下顎枝逆 L 字型骨切り術等が下顎骨に対して適応されている。下顎枝、下顎骨体の長径が偏位量に影響を与えていることから、各手術方法は理にかなった方法といえるであろう。しかし、顔面非対称症例においては下顎骨の移動が左右で異なり、回転の要素も入ってくる

ため、近遠位骨片の干渉や骨接面積量、下顎頭への影響、下顎角からの非対称性の強調など、移動量や移動様式、適応術式に応じて様々な問題が生じてくる¹⁴⁾。また、術後の下顎枝の三次元上の回転は、骨片の干渉や咀嚼筋の形態および機能の影響を強く受けられる。骨片の干渉に伴う移動を含め、特に咀嚼筋の影響は術直後には表れにくい。三次元分析を活用した術式の選択を含め、術式ごとの術直後と長期経過時の三次元上の顎骨形態変化の検討が顎矯正手術治療計画立案における今後の展望として期待される。

結 語

顔面非対称症例の下顎骨の形態的特徴を明らかにするために、X 線 CT 画像を用いて下顎骨を三次元的に計測し比較、検討を行った。そして以下の結論を得た。

1. 下顎長、下顎骨体長径、下顎枝長径、関節突起長径では非偏位側が有意に大きかった。下顎枝左右軸回転、下顎枝前後軸回転、下顎枝上下軸回転では偏位側が有意に大きかった。下顎骨体高径および下顎骨体前後軸回転、下顎角では有意な差は認められなかった。
2. 重回帰分析では下顎正中偏位量に影響を与える変数として下顎枝長径、下顎骨体長径、下顎枝左右軸回転の左右差が有意に抽出された。

文 献

- 1) Pirttiniemi, P.M., et al.: Associations of mandibular and facial asymmetries — a review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 106 : 191-200, 1994.
- 2) Gateno, J., et al.: Effect of facial asymmetry on 2-dimentional and 3-dimentional cephalometric measurement. *J Oral Maxillofac Surg*, 69 : 655-662, 2011.
- 3) Bholsithi, W., et al.: 3D vs. 2D cephalometric analysis comparisons with repeated measurements from 20 Thai males and 20 Thai females. *Biomed Imaging Interv J*, 5 : e21, 2009.

- 4) Katsumata, A., et al.: 3D-CT evaluation of facial asymmetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99 : 212-20, 2005.
- 5) Baek, S.H., et al.: Skeletodental factors affecting chin point deviation in female patients with Class III malocclusion and facial asymmetry: a three-dimensional analysis using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104 : 628-639, 2007.
- 6) Haraguchi, S., et al.: Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity. *Angle Orthod*, 72 : 28-35, 2002.
- 7) Hwang, H.S., et al.: Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 130 : 779-785, 2006.
- 8) Gateno, J., et al.: New 3-dimensional cephalometric analysis for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, 69 : 606-622, 2011.
- 9) The American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.: Criteria for orthognathic surgery, 2-4, 2009.
- 10) Shah, S.M., et al.: An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex. *Angle Orthod*, 48 : 141-148, 1978.
- 11) Yáñez-Vico, R.M., et al.: Three-dimensional evaluation of craniofacial asymmetry: an analysis using computed tomography. *Clin Oral Invest*, 15 : 729-736, 2011.
- 12) You, K.H., et al.: Three-dimensional computed tomography analysis of mandibular morphology in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 138 : 540. e1-540. e8, 2010.
- 13) 近藤裕敏, 他: 顔面非対称を伴う骨格性下顎前突症における咀嚼筋の形態と機能に関する研究 X 線 CT を利用して. *歯学*, 78 : 1261-1279, 1991.
- 14) 宮手浩樹, 他: 下顎非対称に対する下顎枝逆 L 字型骨切り術と下顎枝矢状分割術の併用. *日口外誌*, 45 : 106-115, 1999.