顔面非対称患者の正貌骨格形態と下顎頭運動路の関連

加藤 嘉之 本橋 信義 今村 尚子
中川 史彦 川元 龍夫 小野 卓史
黒田 敬之

Relation between Frontal Morphology of the Facial Skeleton and the Condylar Path in Facial Asymmetry Patients

YOSHIYUKI KATO, NOBUYOSHI MOTOHASHI, NAOKO IMAMURA,
FUMIHIKO NAKAGAWA, TATSUO KAWAMOTO, TAKASHI ONO
and TAKAYUKI KURODA

Abstract

It has been reported that skeletal facial asymmetry is correlated with condyle path asymmetry on protrusive movement. In this article, we investigated the degree and the direction of the condyle path asymmetry on open, protrusive, and lateral movements, and their relationship with skeletal asymmetry in the frontal dimension.

The subjects were 35 patients with various facial patterns, (26 females, and 9 males; mean age, 21.9 ± 4.8 years). Standardized PA cephalograms were used for morphological analysis. The linear and angular measurements were based on the x-y coordinates, the Lo-Lo' plane as the x-axis, and the vertical line through Nc as the y-axis. Reference points, such as Mo, Mo', Go, Go', and Me, were chosen to analyze horizontal and vertical skeletal asymmetries. The measurements were used as skeletal asymmetry variables.

Condylar movements were recorded with a computer-aided Axiograph (CADIAX[®], Gamma). Both horizontal condylar inclination (HCN) on the sagittal plane and the Bennet angle (BEN) on the horizontal plane were measured 5 mm from a reference point (RP), and the shortest distance between RP and the most translated position of the condyle (DIS) on the

sagittal plane was measured. The difference between the right and left condyles was calculated and used as a condylar path asymmetry variable. Stepwise linear regression analysis was performed to pick up a valid skeletal asymmetry variable for describing the condylar path asymmetry variable.

On open movement, stepwise linear regression analysis selected only deviation of Me as a valid parameter for the HCN difference between both condyles. Deviation of Me was also revealed to be a valid parameter for explaining the differences in HCN, BEN, and DIS on protrusive movement, and the differences in HCN and DIS on lateral movement. Upper dental arch asymmetry and horizontal cant of the occlusal plane were found to be effective parameters for HCN difference on protrusive movement. Upper dental arch asymmetry was also an effective parameter for BEN difference on lateral movement. These results indicated that horizontal and vertical skeletal facial asymmetry had a relationship with condylar path asymmetry in every mandibular movement.

Key words : facial asymmetry (顔面非対称), condylar path (下顎頭運動路), mandibular movement (下顎運動)

[Received Jul. 17, 2000]

緒 言

顎変形症患者では、その骨格形態の特徴が顎運動にも反映されている。従来より、下顎前突症患者では、下顎前方運動において矢状面の骨格的不調和が大きくなるほど正常咬合者に比べて矢状顎路角が小さくなることが報告されている^{1,2)}。前頭面においても、正貌形態の非対称度と下顎頭前方運動路の非対称度との関連が示唆されてきた^{3,4)}。

しかし、顔面非対称患者の機能検査において、下顎頭運動路は前方運動のみならず、開口運動、側方運動においても特徴的な所見を認めるが、それらの運動についてはこれまでほとんど報告されていない。また、顔面非対称患者の骨格的非対称は下顔面のみならず中顔面にも認められることから⁵⁾、下顎に加えて上顎の非対称度がそれぞれの下顎頭運動路に影響を及ぼしていると考えられるが、前方運動時における両者の関連が報告されているのみである^{3,4)}。外科的矯正治療による骨格的非対称の改善に伴う顎運動の変化を把握する上で、初診時における各運動時の下顎頭運動路の特徴を明らかにし、顎顔面形態の非対称度との関連を調べることは、きわめて重要な情報を提供するものと思われる。

本研究では、正貌骨格形態における上下顎骨各部位の非対称度と開口、前方、側方運動における下顎頭運動路の非対称度との関連を検討した。

方 法

1) 被験者

東京医科歯科大学歯学部附属病院矯正科に来院し、初診時にコンピュータアキシオグラフ (CADIAX[®]: ガンマ社) を用いて下顎頭運動路の計測を行った様々な程度の顔貌非対称を伴う顎変形症症例 (非対称群) 23 名 (女性 16 名, 男性 7 名, 平均年齢 22.1 歳), および視診から顔貌に著しい非対称を認めないアングル I 級叢生症例 (対称群) 12 名 (女性 10 名, 男性 2 名, 平均年齢 21.5 歳) の合計 35 名を被験者とした。なお、先天異常を有する患者は除外した。正貌非対称度の指標の一つとなるオトガイ点 (Me) の顔面骨格正中に対する偏位量は、正面頭部 X 線規格写真を用いて近藤法⁶⁾に準じて計測し、右方偏位を (-), 左方偏位を (+) で表示すると、対称群では絶対値で 2 mm 以内 ($-1.7 \sim +1.9$ mm, 平均 0.1 ± 1.0 mm), 非対称群では絶対値で 3 mm 以上 ($-21.9 \sim +20.5$ mm, 平均 4.0 ± 12.2 mm) であった。被験者の初診時の口腔内所見の特徴として、非対称群ではいずれも側方歯群に片側性 cross bite を認めるのに対して、対称群では認めなかった。

なお、非対称群では雑音等の既往歴も含めると 20 名が

顎関節症の有症状者であるが、アキシオグラフ採得時に、明らかに下顎頭運動経路の軌跡が乱れていたり、あるいは開口制限が認められる重篤な症状を有する者は被験者から除外した。

2) 正貌骨格形態分析

正貌骨格形態の非対称分析には正面頭部 X 線規格写真を用い、分析方法は以前われわれが行った方法⁵⁾に準じた。左右の Lo を結ぶ線を X 軸、鶏冠 (Nc) を通り X 軸への垂線を Y 軸とする直交座標系上で、左右上顎第一大臼歯頰側歯頸部点 (Mo, Mo'), 左右下顎角点 (Go, Go'), オトガイ点 (Me) を計測点として設定した (Fig. 1)。

各計測点を用いて、以下の 5 個の形態パラメータを設定し、正貌の非対称度を上下顎骨それぞれについて抽出した。

①上顎歯列弓非対称度 Mo (r): 右側 Mo から Y 軸におろした垂線の距離を左側 Mo' から Y 軸におろした垂線の距離で除した上顎歯列弓後方臼歯部の水平的非対称度を示す比率 (Fig. 1 の A/B)。

②下顎骨形態非対称度 Go (r): 右側 Go から Y 軸におろした垂線の距離を左側 Go' から Y 軸におろした垂線の距離で除した下顎骨後方部形態の水平的非対称度を示す比率 (Fig. 1 の C/D)。

③咬合平面傾斜度 Mo (a): 左右側の Mo, Mo' を結んだ線と X 軸のなす角度。咬合平面傾斜が左上がり (+), 右上がり (-) とした (Fig. 1 の $\angle E$)。

Fig. 1 Reference points and measurement parameters for PA cephalometric analysis

The linear and angular measurements were based on the x-y coordinates, the Lo-Lo' plane as the x-axis, and the vertical line through Nc as the y-axis. Mo, Mo', Go, Go' and Me were used as reference points.

④下顎角平面傾斜度 Go (a) : 左右側の Go を結んだ線と X 軸のなす角度 (Fig. 1 の $\angle F$)。下顎下縁平面傾斜が左上がり (+), 右上がり (-) とした。

⑤下顎正中偏位度 Me (d) : Me より Y 軸におろした垂線の距離で, 左方偏位を (+), 右方偏位を (-) で示した顔面正中からの Me 偏位量を示す。

3) 下顎頭運動路計測

被験者に最大開口, 最大前方および最大左右側方運動を行わせ, アキシオグラフ描記画面上で, 各運動における基準位 (reference point : RP) から 5 mm の位置での矢状面上での矢状顆路角 (horizontal condylar inclination : HCN), 水平面上での側方顆路角 (Bennet angle : BEN), および矢状面での基準位から最大滑走時の最短距離 (DIS) について, 左右下顎頭の計測値を求めた (Fig. 2)。開口運動および前方運動については, 右下顎頭計測値から左下顎頭計測値の差を求め, 顎運動パラメータとした。側方運動では, 左側方運動時の右下顎頭の計測値から右側方運動時の左下顎頭の計測値の差を顎運動パラメータとした。前方運動および側方運動は上下顎の歯を接触させて行わせた。なお, 被験者には各運動を 2 度行わせ, その平均値を算出した。

4) 統計処理

統計処理には, StatView 5 (SAS Institute Inc.) を用いた。正貌形態と顎運動の関連の評価を目的として, 対称

群および非対称群をあわせたデータを用い, 顎運動パラメータ間の独立性確認のための偏相関係数を求めた後, 形態パラメータを説明変数, 顎運動パラメータを応答変数として, ステップワイズ回帰分析を行い, 応答変数を予測するのに有効な説明変数を採択した。なお, 独立変数採択基準 F 値は $F \geq 5.0$ とした。

結 果

形態パラメータ間の偏相関係数を Table 1 に示す。上顎歯列弓の非対称度 (Mo(r)) と下顎骨形態の非対称度 (Go(r)) の間に 0.79 とやや高い相関を認めるが, 他のパラメータ間には高い相関を認めなかった。形態パラメータ間の独立性は確保されていると判断し, ステップワイズ回帰分析を行った。顎運動パラメータを説明するのに有効と採択された形態パラメータと F 値を Table 2 に示す。また, 各運動について, 採択された形態パラメータを X 軸に, 顎運動パラメータを Y 軸にプロットした分布図を作成した。

1. 開口運動

Table 1 Partial correlation coefficient between explanatory parameters

	Mo(a)	Mo(r)	Go(a)	Go(r)	Me(d)
Mo(a)	1.000	.097	.024	-.130	.424
Mo(r)	.097	1.000	.303	.790	.131
Go(a)	.024	.303	1.000	-.470	-.063
Go(r)	-.130	.790	-.470	1.000	-.465
Me(d)	.424	.131	-.063	-.465	1.000

Mo(a) : asymmetry index of the occlusal plane ;
 Mo(r) : asymmetry index of upper dental arch width ;
 Go(a) : asymmetry index of mandibular plane viewed from frontal plane ;
 Go(r) : asymmetry index of mandible ;
 Me(d) : deviation of Me from Y-axis

Table 2 Result of stepwise regression analysis
 Figures in () indicate F-value

mandibular movement	response variable	explanatory variable
open	HCN	Me(42.0)
protrusion	HCN	Me(23.9) Mo(a)(7.7) Mo(r)(12.7)
	BEN	Me(8.0)
	DIS	Me(29.6)
lateral	HCN	Me(67.3)
	BEN	Mo(r)(5.4)
	DIS	Me(65.5)

Fig. 2 Schematic drawing of right condylar path on mandibular open movement and measurement parameters for condylar path analysis.

Both horizontal condylar inclination (HCN) on the sagittal plane and Bennett angle (BEN) on the horizontal plane were measured 5 mm from a reference point (RP), and the shortest distance (DIS) between RP and the most translated position of the condyle on the sagittal plane was measured.

Fig. 3 HCN difference and deviation of Me on open movement
Positive direction of X-axis indicates left side deviation of Me in millimeters.
Y-axis indicates the difference in HCN between right and left condyles in degrees.

Fig. 4 HCN difference and deviation of Me on protrusive movement
Positive direction of X-axis indicates left side deviation of Me in millimeters.
Y-axis indicates the difference in HCN between right and left condyles in degrees

開口運動では、HCNの左右差にMe偏位量の影響を認めたが、BEN、DISの左右差には形態パラメータの影響を認めなかった (Table 2)。

Fig. 3はMe偏位量とHCNの左右差の関係を示す。Me偏位量が大きくなるにつれて、偏位側のHCNは非偏位側のHCNよりも大きくなる傾向を認めた (単回帰を行った場合の相関係数 $R = -0.75$, $p < 0.0001$, 以下同じ)。

2. 前方運動

前方運動では、HCNの左右差にMe偏位量、咬合平面傾斜度および上顎歯列弓の非対称度の影響を認め、BENおよびDISの左右差にMe偏位量の影響を認めた (Table 2)。

Fig. 4はMe偏位量とHCNの左右差の関係を示す。前方運動では、開口運動と同様に、Me偏位量が大きくなるにつれて、偏位側のHCNが非偏位側のHCNよりも大きくなる傾向を認めた ($R = -0.73$, $p < 0.0001$)。

Fig. 5は咬合平面傾斜度とHCNの左右差の関係を示す。咬合平面傾斜角がX軸(－)方向に向かい、咬合平面の右上がりの傾斜が強くなるにつれて、右下顎頭のHCNが左下顎頭のHCNよりも大きくなる傾向を認めた。ただし、F値は7.7と比較的小さく、強い相関は認められない ($R = -0.31$, $p = 0.07$)。

Fig. 6は上顎歯列弓非対称度とHCNの左右差の関係を示す。X軸の上顎歯列弓非対称度が(+)方向に向かうに

Fig. 5 HCN difference and the cant of occlusal plane on protrusive movement
Positive direction of X-axis indicates that left side Mo is situated higher than right side Mo. The line connecting both Mo is considered as occlusal plane viewed from frontal plane.

Fig. 6 HCN difference and upper dental arch asymmetry on protrusive movement
X-axis indicates upper dental arch asymmetry calculated as the ratio of projected distance from right side Mo to Y-axis divided by that of left side.

つれ、顔面正中に対して右側大臼歯が左側大臼歯に比べてより外側に偏位していることを示す。上顎歯列弓の非対称度が大きくなるにつれて、上顎大臼歯偏位側の HCN が非偏位側の HCN よりも大きくなる傾向を認めた ($R=0.71$, $p<0.0001$)。

Fig. 7 は Me 偏位量と BEN の左右差の関係を示す。Me 偏位量が大きくなるにつれて、偏位側の BEN は非偏位側の BEN よりも小さくなる傾向を示した ($R=0.44$, $p<0.01$)。

Fig. 8 は Me 偏位量と DIS の左右差の関係を示す。Me の偏位量が大きくなるにつれて、偏位側の DIS は非偏位側の DIS よりも大きくなる傾向を認めた ($R=-0.69$, $p<0.0001$)。

3. 側方運動

側方運動では、HCN および DIS の左右差に Me 偏位量の影響を認めた。また、側方運動における BEN の左右差には上顎歯列弓非対称度の影響が示された (Table 2)。

Fig. 9 は Me 偏位量と HCN の左右差の関係を示す。Me 偏位量が大きくなるにつれて、偏位側へ側方運動したときの非偏位側下顎頭 HCN が、非偏位側へ側方運動したときの偏位側下顎頭の HCN より小さくなる傾向を認めた ($R=-0.82$, $p<0.0001$)。

Fig. 10 は上顎歯列弓非対称度と BEN の左右差の関係を示す。上顎大臼歯の非対称度が大きくなるにつれて、偏位側へ側方運動した非偏位側下顎頭の BEN が非偏位側へ側

Fig. 7 BEN difference and deviation of Me on protrusive movement
Y-axis indicates the difference in BEN between right and left condyles in degrees.

Fig. 8 DIS difference and deviation of Me on protrusive movement
Y-axis indicates the difference in DIS between right and left condyles in millimeters

Fig. 9 HCN difference and deviation of Me on lateral movement
Y-axis indicates the difference in HCN between right condyle path during left lateral movement and left condyle path during right lateral movement in degrees.

Fig. 10 BEN difference and upper dental arch asymmetry on lateral movement
Y-axis indicates the difference in BEN between right condyle path during left lateral movement and left condyle path during right lateral movement in degrees.

Fig. 11 DIS difference and deviation of Me on lateral movement
Y-axis indicates the difference in DIS between right condyle path during left lateral movement and left condyle path during right lateral movement in millimeters.

方運動した偏位側下顎頭の BEN よりも大きくなる傾向が認められた。ただし、F 値はかろうじて 5 を越えている程度で、グラフからも強い相関は認められない ($R = -0.37$, $p < 0.05$)。

Fig. 11 は Me 偏位量と DIS の左右差の関係を示す。Me 偏位量が大きくなるにつれて、偏位側へ側方運動したときの非偏位側の DIS が、非偏位側へ側方運動したときの偏位側の DIS より小さくなる傾向を認めた ($R = -0.82$, $p < 0.0001$)。

考 察

1. 被験者

本研究では、形態変異の連続性という観点から対称群および非対称群をあわせて統計処理を行うことで、正貌形態と下顎頭運動路との関係をより明らかにできると考えた。しかし、対称群と非対称群では、正貌形態の非対称度以外に側貌形態においても A-B difference に 1% の危険率で有意差が認められた。対称群はアングル I 級叢生患者で構成され、非対称群は顎変形症患者で骨格性反対咬合の占める割合が高かったためである。従来調査では側貌形態に

よって矢状顎路角の傾斜が異なると報告されている^{1,2,7,8)}ため、対称群と非対称群をまとめて処理した本研究方法の妥当性について検討を行った。A-B difference を形態パラメータとして説明変数に加えてステップワイズ回帰分析を行ったところ、A-B difference と顎運動路の左右差に関連を認めなかった。すなわち、顎運動路の左右差に関しては側貌形態の影響を認めなかったため、対称群と非対称群をあわせた資料より正貌形態の非対称度と下顎頭運動路の非対称の関連を検討した本研究の研究方法は適切であったと考えられる。

2. 計測パラメータ

1) 形態パラメータ

正貌形態の非対称度を評価するパラメータの選択にあたり、本研究の顎運動採得時には、中心咬合位から上下顎歯を接触させて前方運動および側方運動を行わせているため、上顎部では歯列弓非対称度と咬合平面傾斜度を計測した。下顎部では、前方部非対称度の指標として Me 偏位量のほかに、下顎骨形態の非対称度を計る指標として、Go における水平的非対称度および下顎角平面傾斜度を計測した。

2) 顎運動パラメータ

アキシオグラフ描記画面上で、左右下顎頭運動路の軌跡の非対称性を視覚的に判断するのは容易だが、その定量化は難しい。本研究では、角度項目として矢状顎路角 (HCN) および側方顎路角 (BEN) を、距離項目として最大滑走距離 (DIS) の合計 3 個のパラメータを用いて下顎頭運動路の非対称度の評価を試みた。HCN および BEN については、ほとんどの被験者が運動可能な距離で、かつ基準位 (RP) からある程度離れていた方が計測誤差が小さくなるとの判断から、基準位から 5 mm の位置での計測を行った。距離項目としては、最大滑走距離の比較が最も左右差を反映していると判断した。また、全てのパラメータで左右の計測値の差を用いたが、これは非対称度を評価するだけでなく、比較的大きいといわれる CADIAX[®] の絶対値の計測誤差⁹⁾の影響を減ずるという点からも有効と考えられた。

3) 統計解析

本研究では、形態パラメータを説明変数、顎運動パラメータを応答変数として回帰分析を行った。個々の顎運動パラメータと形態パラメータの関係をみると、両者の間には有意の相関が認められるものが多い。しかしながら、単回帰分析だけでは複数の正貌骨格形態各部位が顎運動に及ぼす効果を予測することができない。そこで、複数の説明変数の中から応答変数を予測するのに最も有効な説明変数を選択するためにステップワイズ回帰分析を用い、その採択 F 値は 5.0 とした¹⁰⁾。

また、多くの変数を含む回帰を行う際に、説明変数間に関連が存在することは避けられず、個々の形態パラメータ間の多くに有意の相関が認められることが明らかにされている⁵⁾。変数間の関連があまりに密接な場合、共線性の問題が生じる。そのため、形態パラメータ間の偏相関係数を調べたところ、2 変数間の相関の最大値は 0.8 以下であり、全ての変数を用いてステップワイズ回帰分析を行って問題はないと判断した¹⁰⁾。

3. 正貌形態と下顎頭運動路の関係

顎関節の関節窩の形態と下顎頭運動路の間には密接な関係があると報告されており^{7,8,11,12)}、とりわけ前方運動では、下顎頭は関節窩の形態に沿って動くことが報告されている¹²⁾。しかし、骨格性下顎前突症患者で調査を行った藤崎¹³⁾は開口路においても関節窩の矢状面形態の影響を受けるとしており、事実、アキシオグラフにおける開口運動と前方運動の軌跡の初期部分は一致することが多い。本研究において、開口運動時、Me 偏位量が増加するにつれて HCN の左右差が大きくなることから、関節窩の左右の矢状面斜面傾斜と Me 偏位量との間の相関が示唆され、顔貌の非対称度が大きくなるにつれ、関節窩の矢状面傾斜の左右差も大きくなることが推測された。一方、BEN および DIS の左右差は、形態的パラメータとの間に相関を認めなかった。すなわち、正貌形態の非対称度に関わらず、開口運動では下顎は左右に偏位せず、最大開口位では左右下顎頭の滑走量にも差を認めなかった。

下顎前方運動と正貌形態の関連を研究した Pirttiniemi ら³⁾は、両側下顎頭の運動路と下顎骨の偏位、咬合平面および歯列の正中偏位との間に有意の相関を認め、特に下顎骨の偏位との相関が最も強いことを報告している。また、福井ら⁴⁾はアキシオグラフを用いて、下顎前方運動時の下顎偏位量と左右下顎頭運動路との関連を検討し、Me 偏位量と HCN、BEN および DIS の左右差との間に有意の相関を報告している。本研究においても、ほぼ同様の所見が得られ、下顎前方運動と正貌形態との関連において、HCN の左右差に Me 偏位量の影響を認めた。また、前方運動のみならず側方運動においても、HCN および DIS の左右差に Me 偏位量の影響を認め、各運動における下顎正中偏位度の影響の大きさをうかがわせた。一方、本研究では前方運動および側方運動の左右差に関与する形態パラメータとして、Me 偏位量に加えて咬合平面傾斜度ならびに上顎歯列弓非対称度が採択されている。すなわち、前方運動では HCN の左右差に咬合平面の傾斜や上顎歯列弓の非対称度も関与し、側方運動では BEN の左右差に上顎歯列弓の非対称度が唯一のパラメータとして関与していた。F 値は小さいものの、それら形態パラメータと顎運動パラメータ

の関連が認められたため, 上下顎歯を接触させて行わせた前方運動および側方運動では, 形態の非対称に伴って惹起される片側性 cross bite 等の特徴的咬合異常の影響を受けやすいと考えられた。以上, 本研究結果より, 正貌の非対称度は全ての下顎運動路と関連を有し, それぞれの顎運動路の非対称度に与える影響は顔面各構成要素により異なることが明らかにされた。

他方, 顔貌非対称患者では正貌形態のみならず水平面的にも非対称が認められ, 軸位X線規格写真を用いて研究を行った佐藤ら¹⁴⁾は, 偏位側の下顎頭が非偏位側に比較してより後方に位置し, 下顎頭の形態も異なることが下顎前方運動の非対称と関連していることを示唆した。Kantomaa¹⁵⁾もラットの実験において, 関節窩の位置を変えることで関節窩および下顎頭の形態が変わり, 下顎の成長に影響を与えると報告している。顔貌の3次元的な非対称度と顎運動との関連について, 今後さらに検討する必要がある。

本研究の要旨は, 第9回日本顎変形症学会総会(1999年, 東京), および第58回日本矯正歯科学会大会(1999年, 広島)において発表した。

文 献

- 1) 八巻正樹, 他: 下顎運動と顎顔面形態の関連性に関する研究—側貌顎顔面形態—(第一報), 日顎誌, 2: 22-33, 1990.
- 2) 岩片信吾, 他: 骨格性下顎前突者の下顎運動に関する研究—前方滑走運動の分析—, 顎機能, 7: 233-238, 1991.
- 3) Pirttiniemi, P., et al.: Relationship between craniofacial and condyle path asymmetry in unilateral cross-bite patients. *Eur J Orthod* 12: 408-413, 1990.
- 4) 福井忠雄, 他: 下顎偏位量と下顎前方運動時の左右顎頭の運動経路との関係について, 日矯歯誌, 51: 203-209, 1992.
- 5) 加藤嘉之, 他: 顔面非対称症例の正面頭部X線規格写真分析, 日顎変形誌, 4: 87-95, 1994.
- 6) 近藤悦子: 日本人成人男女についての頭部X線規格正貌写真による検討, 日矯歯誌, 31: 105-116, 1972.
- 7) Ingervall, B.: Relation between height of the articular tubercle of the temporomandibular joint and facial morphology. *Angle Orthod* 44: 15-24, 1974.
- 8) Widman, D.J.: Functional and morphologic considerations of the articular eminence. *Angle Orthod* 58: 221-236, 1988.
- 9) 植木 誠, 他: 下顎頭運動分析装置 CADIAX[®] の測定精度—矢状面における測定精度および測定条件に関する検討—, 日顎誌, 5: 273-284, 1993.
- 10) StatView 日本語版 統計偏: 第8章 回帰分析, SAS Institute Inc.: 51-74, 1998.
- 11) Isaacson, D.: A clinical study of the condyle path. *J Prosthet Dent* 9: 927-935, 1959.
- 12) Corbett, NE.: The relation of the condylar path to the articular eminence in mandibular protrusion. *Angle Orthod* 41: 286-292, 1971.
- 13) 藤崎臣弘: 外科的矯正治療を行った骨格性下顎前突症患者の最大開閉口運動における下顎頭運動路の評価, 口病誌, 63: 408-421, 1996.
- 14) 佐藤勇資, 他: 下顎の偏位度と下顎頭の形態・位置ならびに下顎頭運動の関連性について, 日顎誌, 5: 404-414, 1993.
- 15) Kantomaa, T.: The shape of glenoid fossa affects the growth of the mandible. *Eur J Orthod* 10: 249-254, 1988.