

原 著

下顎非対称を伴う骨格性下顎前突症の咀嚼運動経路の特徴 ——顎顔面・顎関節形態および咬合状態との関連性——

友寄 裕子 萬代 弘毅* 菅原 準二 三谷 英夫

東北大学大学院歯学研究科発達加齢・保健歯科学講座顎発達・咬合形成学分野

*康本歯科クリニック

TOMOYOSE Yuko, BANDAI Hiroki, SUGAWARA Junji and MITANI Hideo*

Department of Orthodontics, Graduate School of Dentistry, Tohoku University

*Yasumoto Dental Clinic

キーワード：下顎非対称，咀嚼運動経路，顎顔面形態，顎関節形態

抄録：本研究の目的は，下顎非対称者の咀嚼運動経路の特徴と顎顔面・顎関節形態や咬合状態との関連性について検討することである。研究対象は，下顎非対称を伴いかつ顎関節症状を有さない骨格性下顎前突症 19 例である。咀嚼運動は下顎運動測定装置（シロナソグラフ・アナライジング・システム II）を用いて測定し，顎顔面・顎関節形態は正面頭部 X 線規格写真および軸位 X 線写真の透写図を用いて評価した。結果は，以下の通りであった。

1. 本研究対象者の咀嚼運動経路は，オトガイ偏位側（以下，偏位側とする）およびオトガイ非偏位側（以下，非偏位側とする）の咀嚼運動経路最下点の偏位方向や偏位量の相違，咀嚼幅径の相違に応じて，4 つのパターンに分類することができた。

2. 4 つのパターンの中で，非偏位側咀嚼が偏位側咀嚼と比較してより咀嚼側方向に偏位して開閉口するパターンと，偏位側咀嚼が非偏位側咀嚼と比較してより咀嚼側方向に偏位して開閉口するパターンは，対照的な咀嚼運動経路を示していた。これらのパターンは下顎頭長軸角の特徴においても対照的であった。前者のパターンは，非偏位側の下顎頭長軸角が偏位側の下顎頭長軸角と比較して急傾斜であるのに対し，後者のパターンは，非偏位側の下顎頭長軸角が偏位側の下顎頭長軸角と比較して緩傾斜であった。

以上の結果から，本研究対象者の咀嚼運動方向の非対称性は，オトガイ偏位側や咬合状態と関係なく，下顎頭長軸角の非対称性と関連していることが示唆された。

(Orthod Waves 61(5) : 376~391, 2002)

Characteristics of chewing path in skeletal Class III patients with mandibular asymmetry ——Relationship between facial skeleton and temporomandibular joint morphology and occlusion——

Abstract : The purpose of the present investigation was to analyze the relationship between morphological characteristics in skeletal Class III patients with mandibular asymmetry, temporomandibular joint or occlusal relationship and the chewing paths. Bilateral chewing paths and the frontal and horizontal morphology of mandible and temporomandibular joints were examined in 19 adult patients asymptomatic of temporomandibular disorders diagnosed as skeletal Class III with mandibular asymmetry. Chewing paths were recorded by using Sirognathograph Analyzing System II and the facial morphologies were analyzed on postero-anterior cephalograms and axial X-ray films. The following results were obtained :

1. The chewing path patterns were divided into 4 groups according to the difference in opening and closing direction of mandible and chewing width in relation to mandibular deviations.

2. Among 4 groups, one that showed more deviated chewing path in non mandibular shifted side than that in the mandibular shifted side formed a contrast with the one that had less deviated chewing path in

non mandibular shifted side when the chewing paths were compared to the shifted side. In the former group, the horizontal condylar angle of non-deviated side was more steep than the other side, in contrast, an opposite relationship was observed in the other group.

In conclusion, asymmetry of opening and closing direction during chewing could be correlated with asymmetry of the horizontal condylar angle.

(Orthod Waves 61 (5) : 376~391, 2002)

緒 言

矯正歯科臨床において、機能性の下顎偏位を除き、オトガイが明らかに側方に偏位している状態を「下顎非対称」と呼んでいる。下顎非対称は、下顎枝や下顎骨体など顎骨形態の非対称性を有するもの、下顎頭形態¹⁾および関節窩を含む顎関節構造における非対称性を有するもの^{2~4)}、あるいはそれら両者を伴うものなどさまざまである。このような形態特徴に起因してか、下顎非対称者は顎機能^{1,5~12)}においても非対称性を有することが確認されており、特に顔面骨格や顎関節形態と下顎の限界運動との関連性については、数多くの研究報告がなされてきた^{1,6,8,9,11)}。具体的には、限界運動時の下顎頭運動非対称度はオトガイ偏位量^{6,8,9,11)}、下顎頭長軸角の左右差¹⁾、上顎歯列弓非対称度¹¹⁾のすべての項目と有意な相関が認められたと報告されている。しかし、下顎非対称者の咀嚼運動に関しては、下顎の偏位側咀嚼の最大側方幅および開口路角が、下顎の非偏位側咀嚼に比べ有意に小さいという報告¹⁰⁾、下顎頭長軸角の非対称者は咀嚼幅が小さく、直線的に開閉口する咀嚼運動経路が多いという報告¹²⁾のように、咀嚼運動経路が特異的であるという報告は散見されるものの、その特異性が下顎非対称の形態的要因といかなる関連性を有するかについてはいまだ明らかにされていない。

下顎非対称者の咀嚼運動と顎顔面・顎関節形態や咬合状態との関連性を明らかにすることは、下顎非対称に対する矯正治療や外科的矯正治療における機能診断に際して有用な情報を提供することになる。

そこで本研究では、下顎非対称者の咀嚼運動経路の特徴について詳細に調査するとともに、咀嚼運動経路と顎顔面・顎関節形態や咬合状態との関連性についても検討した。なお、咀嚼運動経路と顎顔面・顎関節形態との関連性を明確にするために、咀嚼運動経路への顎運動機能障害の影響を除く必要がある。よって本研究では、下顎非対称の中でも顎関節症（以下 TMD とする）有症状者率が最も低いと報告¹³⁾されている骨格性下顎前突症の咀嚼運動について調査した。

研究対象者

研究対象者は 1996 年 10 月から 2001 年 12 月までの

間に東北大学歯学部附属病院矯正科を受診した全患者の中から、以下の条件を満たす 19 例を選択した。

＜選択条件＞

- ① 明らかな下顎非対称を伴う骨格性下顎前突症であること。
- ② 顎成長の影響を受けない思春期後期以降の成長段階にあること。
- ③ 顎関節症状が認められないこと（ただし、咀嚼運動経路に影響を与えない可触性クリックを有する者は含む）。
- ④ 矯正治療の既往がないこと。
- ⑤ 明らかな関節異常を伴う先天的奇形や外傷などの顎関節損傷の既往がないこと。

なお、19 例の内訳は男子 5 例（年齢範囲：20 歳 4 か月～27 歳 10 か月）、女子 14 例（年齢範囲：12 歳 10 か月～35 歳 5 か月）であった。

下顎非対称の診断は、臨床所見および正面頭部 X 線規格写真よりオトガイの側方偏位の程度に基づいて行い、本研究では便宜的に顔面正中線からオトガイ正中部（Me）までの水平距離 2 mm 以上を「下顎非対称」と診断した。また、下顎前突症の診断は、側面頭部 X 線規格写真の計測値のうち、上顎骨歯槽部最前方点（A）に対する下顎骨歯槽部最前方点（B）の前後的位置関係をあらわす ANB 角（0 度以下）、A、B 両点の前後の関係を咬合平面上で計測した Wits appraisal（-5 mm 以下）の値、および平均顔面頭蓋図形分析¹⁴⁾（Craniofacial Drawing Standards）の結果を統合して行った。

研究方法

I. 咀嚼運動の解析

1. 咀嚼運動の記録

咀嚼運動の記録は、下顎運動記録解析装置（シロナソグラフ・アナライジング・システム II, (株) 東京歯科産業, 東京）を用いて行った。まず、記録採得用マグネットを咬合平面と平行になるよう被験者の下顎中切歯唇面の歯間乳頭部付近に瞬間接着剤（アロンアルファ, (株) 東亜合成, 東京）にて固定し、つぎに自然頭位にて被験者の顎顔面部に装置のアンテナをフランクフルト平面（以下 FH 平面とする）と平行になるように設置し、チューインガム（フリーゾーン, (株) ロッテ, 東京）一枚を自由に咀嚼させ、十分軟化させてか

ら測定を行った。咀嚼運動は、左右各々の臼歯部における片側咀嚼とし、左右交互に2回ずつ行い、記録時間は30秒とした。なお、同側2回の記録のうち、咀嚼運動経路がより安定している方を分析のための咀嚼運動記録として採用した。

2. 咀嚼運動の分析

咀嚼運動の分析は、咀嚼開始後第5ストロークからの10ストロークを抽出し、志賀ら¹⁵⁾の方法に準じて算出した平均咀嚼経路を用いて行った。平均咀嚼経路の求め方は、以下に述べるとおりである。まず、図1のように各ストロークの中心咬合位を基準とし、前頭面に投影した開閉口路を上下的に10分割し、1ストローク中に20点の座標値を求めた。その後、抽出した10ストロークの各座標値の平均値から平均咀嚼経路を算出した。なお、平均咀嚼経路のパターンを定量的に評価す

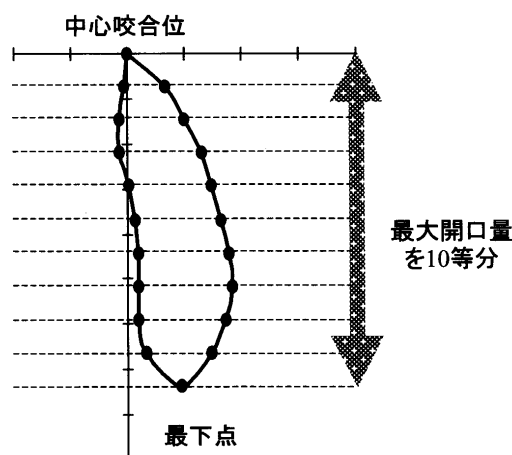


図1 平均咀嚼経路算出時の各ストローク分析点

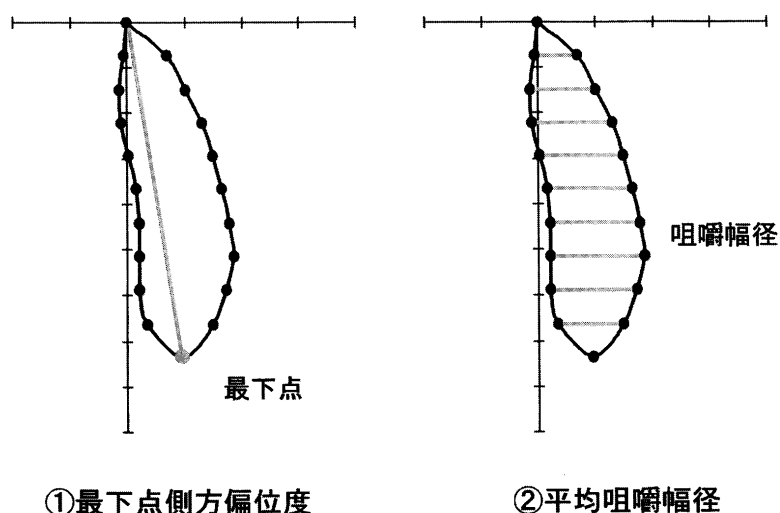


図2 平均咀嚼経路の分析項目

- ① 最下点側方偏位度：最下点と原点を結ぶ線と垂直軸とでなす角度
- ② 平均咀嚼幅径：第1～9レベルの咀嚼幅径の平均値

るために以下の2項目について計測を行った(図2)。

- ① 最下点側方偏位度(平均咀嚼経路最下点と原点を結んだ線と垂直軸とで得られる角度)
- ② 平均咀嚼幅径(中心咬合位を0レベル、最下点を10レベルとしたときに、第1～9レベルまでの各レベルの開閉口および閉口路から算出される咀嚼幅径の平均値)

II. 顎顔面・顎関節形態の分析と咬合状態の分類

1. 顎顔面・顎関節形態の分析

前頭断における顎顔面形態の分析には、正面頭部X線規格写真の透写図、水平断における顎関節および下顎骨形態の分析には、軸位X線写真の透写図を用いて行った。

まず正面頭部X線規格写真分析をするにあたって、左右側の頬骨弓幅の中心点(Zy, Zy')を結んだ線をX軸、鶏冠頸部(CG)を通りX軸に対する垂線をY軸とする座標系を設定した。つぎに正面頭部X線規格写真透写図上にオトガイ点(Me)、左右側の下顎角点(Go, Go')、左右側の上顎第一大臼歯咬合面中心点(UMo, UMo')の計測点を設定し、これらを用いて以下の3つの変量(F1～F3)について計測を行った(図3)。

F1(オトガイ偏位量)：MeからY軸へ下ろした垂線の距離。

F2(上顎咬合平面傾斜度)：UMoとUMo'を通る直線とX軸のなす角度。オトガイ偏位側(以下偏位側とする)上がりをも(+)、オトガイ非偏位側(以下非偏位側とする)上がりをも(-)とする。

F3(下顎角平面傾斜度)：GoとGo'を通る直線と

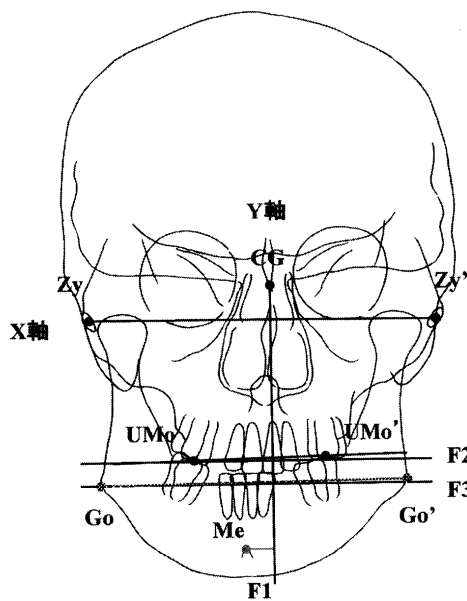


図 3 正面頭部 X 線規格写真の分析

計測点：鶏冠の頸部 (CG)

左右側の頬骨弓幅の中点 (Zy, Zy')

オトガイ棘 (Me)

左右側の下顎角点 (Go, Go')

左右側の上顎大臼歯咬合面 (UMo, UMo')

X 軸：Zy, Zy' を結んだ線

Y 軸：CG を通る X 軸に対する垂線

計測項目：F1 (オトガイ偏位量)：Me から Y 軸へおろした垂線の距離

F2 (上顎咬合平面傾斜度)：UMo-UMo' と X 軸のなす角度

F3 (下顎角平面傾斜度)：Go-Go' と X 軸のなす角度

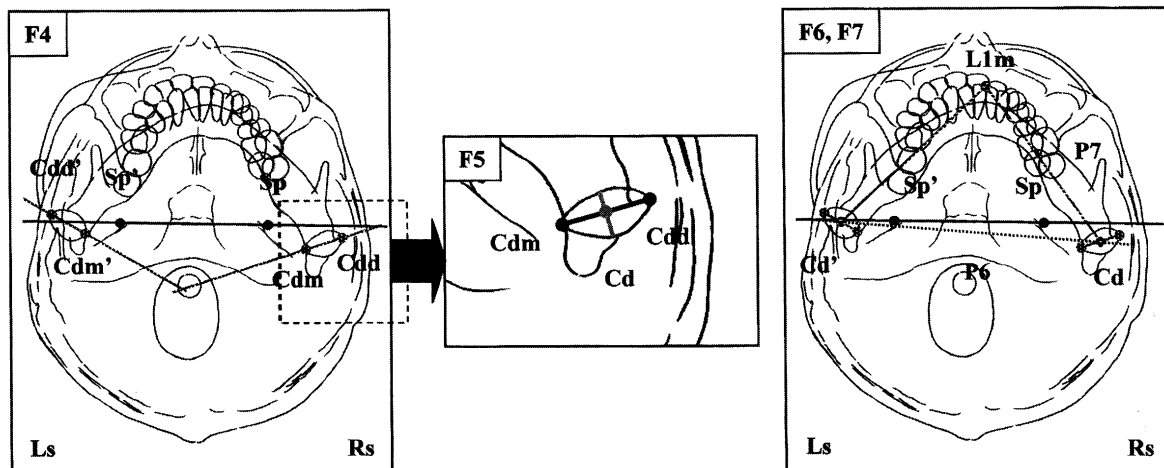


図 4 軸位 X 線写真の分析

計測点：左右側の棘孔 (Sp, Sp'), 左右側の下顎頭内側極 (Cdm, Cdm')

左右側の下顎頭外側極 (Cdd, Cdd'), 左右側の Cdm-Cdd の中点 (Cd, Cd')

左右側の下顎中切歯の接触点 (L1m)

計測項目：F4 (下顎頭長軸角の差), F5 (下顎頭形態比率 (前後径/近遠心径) の差)

F6 (下顎頭の前後的位置)

F7 (下顎骨の非対称度)：
$$\frac{|(CL) - (CL')|}{(CL) + (CL')}$$
 CL：偏位側 Cd-L1m の直線距離
CL'：非偏位側 Cd-L1m の直線距離

X 軸のなす角度。偏位側上りを (+), 非偏位側上りを (-) とする。

つぎに軸位 X 線写真を分析するにあたって、透写図上に左右側の棘孔の中心点 (Sp, Sp'), 左右側の下顎頭内側極 (Cdm, Cdm'), 左右側の下顎頭外側極 (Cdd, Cdd'), 左右側の下顎頭内側極と外側極を結んだ線分の中点 (Cd, Cd'), 左右側の下顎中切歯の接触点 (L1m) の計測点を設定し、これらを用いて以下の 4 つの変

量 (F4~F7) について計測を行った (図 4)。

F4 (下顎頭長軸角の差)：Cdm と Cdd を通る直線と Sp と Sp' を通る直線のなす角度を下顎頭長軸角とし、偏位側と非偏位側の値の差で表す。偏位側の下顎頭長軸角が非偏位側に比べ急傾斜な場合を (+), 非偏位側の下顎頭長軸角が偏位側に比べ急傾斜な場合を (-) とする。

F5 (下顎頭形態比率の差)：下顎頭短径 (Cd を通る

線分 Cdm-Cdd に対する垂線の長さ)を下顎頭長径(線分 Cdm-Cdd の長さ)で除した値を下顎頭形態比率とし、偏位側と非偏位側の値の差で表す。偏位側の下顎頭形態比率が非偏位側に比べ大きい場合を(+), 非偏位側の下顎頭形態比率が偏位側に比べ大きい場合を(-)とする。

F 6(下顎頭の前後的位置): Cd と Cd' を通る直線と Sp と Sp' を通る直線のなす角度で表し、Sp-Sp' 軸に対して偏位側が前方を(+), 後方を(-)とする。

F 7(下顎骨の非対称度): 偏位側の Cd から L 1 mm までの直線距離(CL)と非偏位側の Cd' から L 1 mm までの直線距離(CL')を計測し、以下の計算式により得られた値で表す。

$$\text{下顎骨の非対称度} = \frac{|(CL) - (CL')|}{(CL) + (CL')}$$

2. 咬合状態の分類

研究対象者の咬合状態と咀嚼運動経路との関連性を明らかにするために臼歯部の咬合関係を基準として、咬合状態を以下の3つのタイプに分類した(図5)。

タイプ A(側方偏位型): 偏位側が逆被蓋で、非偏位側が正被蓋。咬合接触歯数は偏位側および非偏位側ともに類似。

タイプ B(左右対称型): 偏位側、非偏位側ともに被蓋および咬合接触歯数が類似。

タイプ C(回転偏位型): 偏位側は正被蓋と逆被蓋が

ともに存在し、咬合接触歯が1歯もしくは2歯のみ。非偏位側は正被蓋で咬合接触歯数が3歯以上。

III. 統計学的評価

I と II において計測および分類した結果をもとに、具体的には以下の2項目について検討した。

1. 咀嚼運動経路の特徴について

1) 全対象者の分析

まず平均咀嚼経路算出時に使用された20分割点の座標値を用いて、全対象者の偏位側および非偏位側の平均咀嚼運動経路を算出し、つぎに最下点側方偏位度および平均咀嚼幅径についてそれぞれ偏位側咀嚼と非偏位側咀嚼の平均値および標準偏差を算出した。有意性の検定は、正規分布および等分散が認められることを確認した後に t 検定を用いて行った。さらに、偏位側咀嚼の最下点側方偏位度と非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度との差(以下最下点側方偏位度の差とする)とオトガイ偏位量の相関係数(Pearson's correlation coefficient あるいは Spearman rank correlation), 偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径と非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径との差(以下平均咀嚼幅径の差とする)とオトガイ偏位量の相関係数(Pearson's correlation coefficient あるいは Spearman rank correlation)を算出し、咀嚼運動経路の非対称性とオトガイ偏位量の関連性について検討を行った。

タイプ A (側方偏位型)

タイプ B (左右対称型)

タイプ C (回転偏位型)

図 5 咬合状態の分類

タイプ A (側方偏位型): 偏位側が逆被蓋で、非偏位側が正被蓋。咬合接触歯数は偏位側、非偏位側ともに類似

タイプ B (左右対称型): 偏位側、非偏位側ともに被蓋および咬合接触歯数が類似

タイプ C (回転偏位型): 偏位側は正被蓋と逆被蓋がともに存在し、咬合接触歯は1, 2歯のみ
非偏位側は正被蓋で咬合接触歯は3歯以上

2) 咀嚼パターンの分類

偏位側咀嚼と非偏位側咀嚼の咀嚼運動方向や咀嚼幅径の相違に応じて定性的に評価した結果、本研究対象者の咀嚼運動経路を6つパターンに分類した(図6)。

パターン1：非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度が偏位側咀嚼よりも大きい。

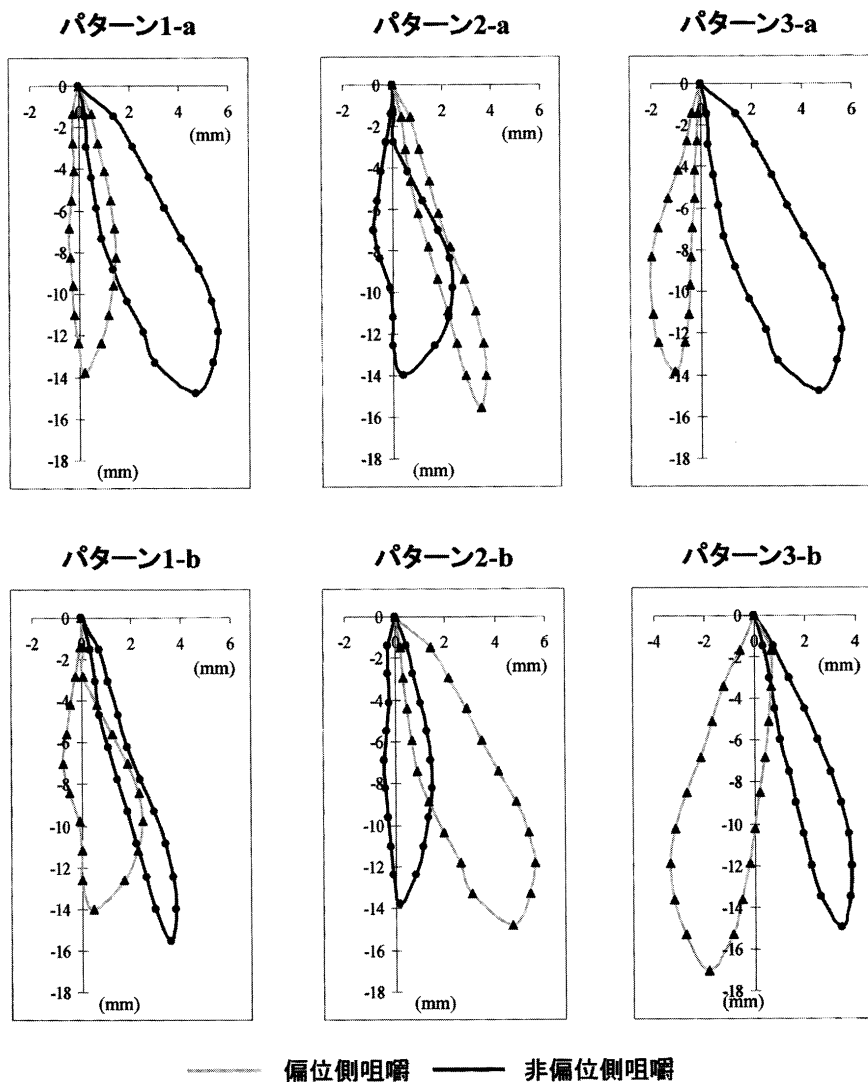
1-a：非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側

咀嚼よりも大きい。

1-b：偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい。

パターン2：偏位側咀嚼の最下点側方偏位度が非偏位側咀嚼よりも大きい。

2-a：非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側咀嚼よりも大きい。



Y軸 (+)方向：咀嚼側 (-)方向：非咀嚼側

図6 咀嚼運動経路のパターン分類

パターン1：非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度が偏位側咀嚼よりも大きい

1-a：非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側咀嚼よりも大きい

1-b：偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい

パターン2：偏位側咀嚼の最下点側方偏位度が非偏位側咀嚼よりも大きい

2-a：非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側咀嚼よりも大きい

2-b：偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい

パターン3：偏位側咀嚼の運動経路が非咀嚼側に斜走

3-a：非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側咀嚼よりも大きい

3-b：偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい

- 2-b: 偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい。
 パターン 3: 偏位側咀嚼の運動経路が非咀嚼側に斜走。
 3-a: 非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が偏位側咀嚼よりも大きい。
 3-b: 偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼よりも大きい。

2. 咀嚼運動経路、顎顔面・顎関節形態および咬合状態の関連性について

1) 全対象者の分析

具体的には以下の手順に従って、下顎非対称者の咀嚼運動経路、顎顔面・顎関節形態の関連性について検討した。①オトガイ偏位量とそれ以外の形態変量(F 2~F 7)間の相関係数(Pearson's correlation coefficientあるいはSpearman rank correlation)を算出。②オトガイ偏位量以外の形態変量(F 2~F 7)と咀嚼運動経路の非対称性(最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差)との相関係数(Pearson's correlation coefficientあるいはSpearman rank correlation)を算出。以上の①②の結果および1-1)の結果を照らし合わせ、オトガイ偏位量と有意な相関が認められた形態変量, 咀嚼運動経路の非対称性, オトガイ偏位量との相互関係について検討した。

さらに咬合状態に関しても, タイプ A (側方偏位型), タイプ B (左右対称型), タイプ C (回転偏位型)別にすべての形態変量(F 1~F 7), 最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差について平均値および標準偏差をそれぞれ算出し, 3タイプ間の比較を行い, 咬合状態と顎顔面・顎関節形態および咀嚼運動経路との関連性について検討した。有意性の検定は, 多重比較検定(Scheffe's F test)を用いて行った。

2) 咀嚼パターン別の顎顔面・顎関節形態と咬合状態

咀嚼運動経路の特徴により分類された各パターン別に, すべての形態変量(F 1~F 7)について平均値および標準偏差を算出し, パターン間の比較を行い, 各パターンの顎顔面・顎関節形態の特徴について検討した。有意性の検定は, 多重比較検定(Scheffe's F test)を用いて行った。また, 分類された各パターンの咬合状態についても調査した。以上の結果をもとに咀嚼運動経路, 顎顔面・顎関節形態および咬合状態の関連性について検討した。

結 果

I. 咀嚼運動経路の特徴について

1. 全対象者の分析

全対象者の偏位側咀嚼および非偏位側咀嚼の平均咀嚼運動経路を図 7-A に示す。これらの運動経路を定性的に評価すると, 非偏位側咀嚼は偏位側咀嚼に比べてより咀嚼側方向に偏位しながら開閉口するパターンで, かつ偏位側咀嚼に比べより幅の広いパターンであった(図 7-A)。つぎにこれらの運動経路を定量的に評価した結果, 非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度は, 偏位側咀嚼に比較して 5% レベルで有意に大きな値を示し(図 7-B), 非偏位側咀嚼の平均咀嚼幅径は偏位側咀嚼に比較して 1% レベルで有意に大きかった(図 7-C)。さらに, 咀嚼運動経路の非対称性とオトガイ偏位量との関連性について検討した結果, 最下点側方偏位度の差とオトガイ偏位量, 平均咀嚼幅径の差とオトガイ偏位量のいずれも, 統計学的に有意な相関が認められなかった(図 8-A, 8-B)。

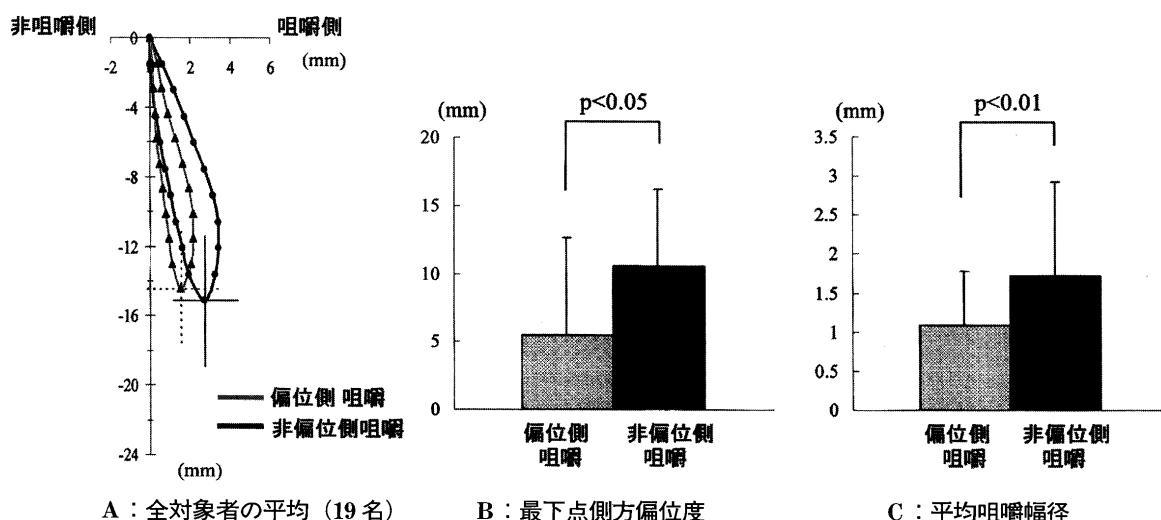


図 7 オトガイ偏位側とオトガイ非偏位側の咀嚼運動経路の比較

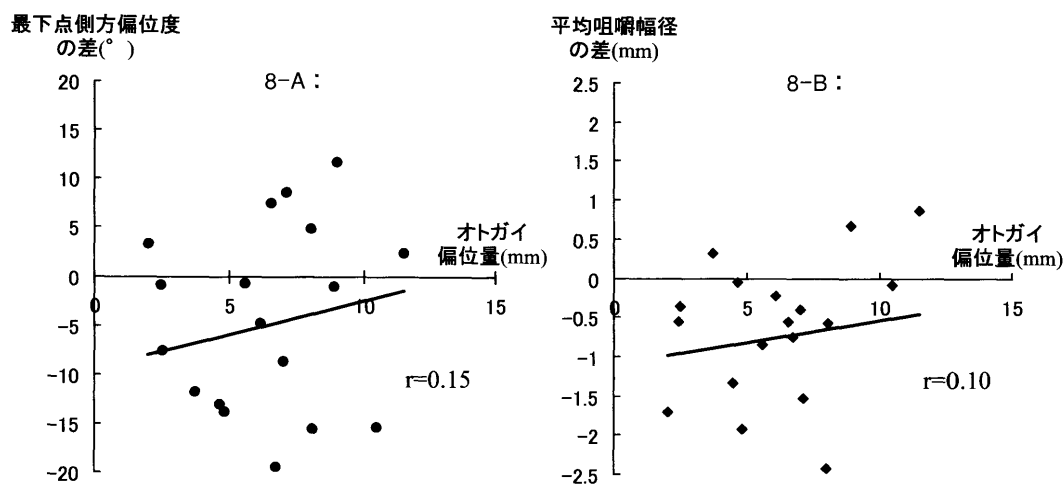
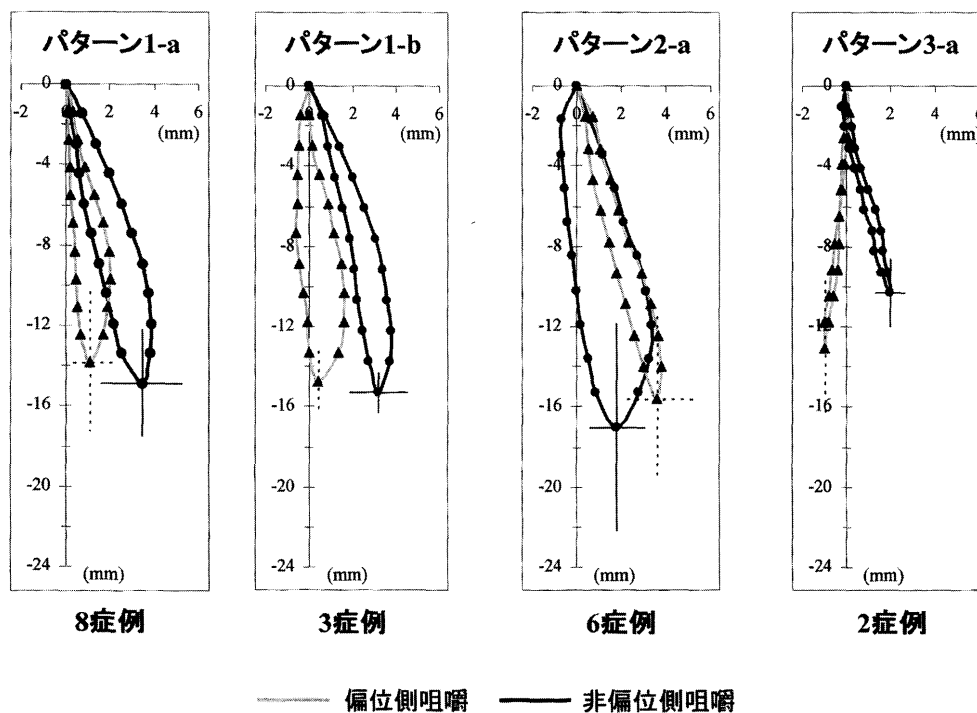


図 8 咀嚼運動経路の非対称性とオトガイ偏位量との関連性

A : 最下点側方偏位度の差とオトガイ偏位量との相関

B : 平均咀嚼幅径の差とオトガイ偏位量との相関



Y軸 (+)方向 : 咀嚼側 (-)方向 : 非咀嚼側

図 9 本研究対象者の咀嚼パターンの分布状況と各パターンの平均咀嚼経路
パターン 1-a (8 症例), パターン 1-b (3 症例), パターン 2-a (6 症例), パターン 3-a (2 症例)

2. 本研究対象者の咀嚼パターン

本研究対象者の咀嚼パターンの分布状況は、パターン 1-a が 8 症例、パターン 1-b が 3 症例、パターン 2-a が 6 症例、パターン 3-a が 2 症例であった。図 9 は、各パターン別に算出された平均咀嚼運動経路の図である。

II. 咀嚼運動経路、顎顔面・顎関節形態および咬合状態との関連性について

1. 全対象者の分析

オトガイ偏位量とそれ以外の形態変量 (F 2~F 7) 間の相関について調査した結果、すべて有意な相関が認められなかった。また、オトガイ偏位量以外の形態変

量 (F 2~F 7) と咀嚼運動経路の非対称性 (最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差) 間の相関について調査した結果, F 2 (下顎頭長軸角の差) と最下点側方偏位度の差との間に 1% レベルで有意な正の相関が認められた (表 1-1)。

図 10 では, 全対象者をオトガイ偏位量に応じて昇順を示すとともにそれぞれの咬合状態を示した。これによれば, オトガイ偏位量と咬合状態との間に明確な関

連性は認められなかった。また表 1-2 は, 咬合状態により分類されたタイプ A (側方偏位型), タイプ B (左右対称型), タイプ C (回転偏位型) 別にすべての形態変量 (F 1~F 7), 最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差について平均値および標準偏差をそれぞれ算出し, 3 タイプ間の比較を行った結果である。すべての形態変量 (F 1~F 7), 最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差に関して, 3 タイプ間で有意差は認められな

表 1-1 オトガイ偏位量, 最下点側方偏位度の差, 平均咀嚼幅径の差とオトガイ偏位量以外の形態変量 (F 2~F 7) との相関

	オトガイ 偏位量	最下点側方 偏位度の差	平均咀嚼 幅径の差
F 2 (上顎咬合平面傾斜度)	0.32	0.33	-0.28
F 3 (下顎角平面傾斜度)	0.34	0.42	-0.05
F 4 (下顎頭長軸角の差)	0.37	0.66**	-0.05
F 5 (下顎頭形態比率の差)	0.13	0.03	-0.30
F 6 (下顎頭の前後的位置)	-0.06	0.13	-0.24
F 7 (下顎骨の非対称度)	0.06	-0.20	-0.19

表 1-2 咬合タイプ別の形態および咀嚼運動経路変量の平均値

平均値 (SD)	タイプ A (側方偏位型)	タイプ B (左右対称型)	タイプ C (回転偏位型)	Scheffe's F test
F 1 (オトガイ偏位量)	7.1 (3.3)	6.4 (2.1)	5.8 (2.7)	n. s
F 2 (上顎咬合平面傾斜度)	0.8 (1.5)	2.4 (3.1)	0.2 (1.1)	n. s
F 3 (下顎角平面傾斜度)	0.3 (1.5)	2.3 (3.3)	-0.7 (1.4)	n. s
F 4 (下顎頭長軸角の差)	5.9 (12.7)	-4.1 (4.3)	-3.2 (11.2)	n. s
F 5 (下顎頭形態比率の差)	0.077 (0.032)	-0.004 (0.063)	0.047 (0.157)	n. s
F 6 (下顎頭の前後的位置)	-0.1 (1.9)	-1.1 (1.4)	-0.4 (0.7)	n. s
F 7 (下顎骨の非対称度)	-0.020 (0.017)	-0.023 (0.031)	-0.017 (0.042)	n. s
最下点側方偏位度の差	-5.9 (12.0)	-3.3 (8.2)	-5.7 (11.3)	n. s
平均咀嚼幅径の差	-1.2 (1.3)	-0.7 (1.2)	-0.6 (0.8)	n. s

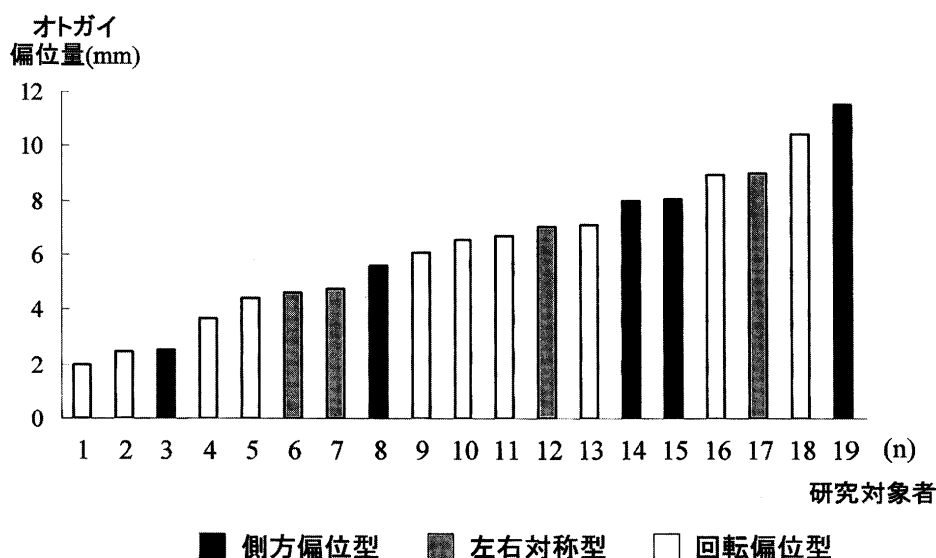


図 10 オトガイ偏位量と咬合状態の分布

表 2-1 形態変量の計測結果 (咀嚼パターン別の比較)

	F1(オト ガイ偏位 量)	F2(上顎 咬合平面 傾斜度)	F3(下顎角 平面傾斜度)	F4(下顎頭 長軸角の差)	F5(下顎頭形 態比率の差)	F6(下顎頭の 前後的位置)	F7(下顎骨の 非対称度)
パターン 1-a (8 症例)	6.1	-0.8	-1.0	-3.5	-0.051	-0.2	-0.012
	2.5	-1.0	-1.2	-6.3	-0.159	-0.2	0.022
	6.7	-1.2	-2.9	-26.9	0.416	-0.7	-0.013
	4.4	0.9	0.2	-4.7	0.033	-0.8	-0.025
	5.6	1.0	-1.0	-4.4	0.053	2.7	0.005
	7.0	2.2	5.1	-9.8	-0.085	-1.9	-0.042
	4.8	-1.0	-1.2	-4.6	0.001	0.0	-0.007
	2.5	0.3	0.0	-2.8	0.109	0.1	-0.047
平均値 (SD)	4.9(1.8)	0.1(1.2)	-0.3(2.4)	-7.9(8.0)	0.040(0.174)	-0.125(1.3)	-0.015(0.023)
パターン 1-b (3 症例)	3.7	-1.0	-1.8	-14.6	-0.024	-0.8	-0.091
	4.6	1.7	0.2	-2.0	-0.001	-2.7	-0.007
	8.9	0.6	2.1	2.4	0.012	-1.7	-0.057
平均値 (SD)	5.7(2.8)	0.4(1.4)	0.2(2.0)	-4.7(8.8)	-0.004(0.018)	-1.7(1.0)	-0.052(0.042)
パターン 2-a (6 症例)	11.5	-0.7	1.8	20.8	0.035	-0.5	-0.052
	8.0	3.2	1.9	18.8	0.095	-2.7	-0.037
	6.5	0.1	-0.8	11.2	0.168	0.1	0.037
	9.0	6.5	5.0	0.2	0.067	0.2	-0.025
	7.1	0.9	-1.1	7.7	-0.048	-1.0	-0.042
	2.0	1.0	0.5	5.4	0.094	0.2	-0.028
平均値 (SD)	7.4(3.2)	1.8(2.6)	1.2(2.2)	10.7(7.9)	0.068(0.072)	-0.6(1.1)	-0.025(0.032)
パターン 3-a (2 症例)	10.5	2.1	-1.2	-2.2	0.030	0.8	0.041
	8.1	0.0	-1.1	-3.1	0.096	0.0	0.015
平均値 (SD)	9.3(1.7)	1.1(1.5)	-1.15(0.1)	-2.65(0.6)	0.063(0.046)	0.4(0.6)	0.028(0.019)

表 2-2 咀嚼パターン別の形態変量の平均値

平均値 (SD)	パターン 1-a	パターン 1-b	パターン 2-a	パターン 3-a	Scheffe's F test
F1 (オトガイ偏位量)	4.9(1.8)	5.7(2.8)	7.4(3.2)	9.3(1.7)	n. s
F2 (上顎咬合平面傾斜度)	0.1(1.2)	0.4(1.4)	1.8(2.6)	1.1(1.5)	n. s
F3 (下顎角平面傾斜度)	-0.3(2.4)	0.2(2.0)	1.2(2.2)	-1.15(0.1)	n. s
F4 (下顎頭長軸角の差)	-7.9(8.0)	-4.7(8.8)	10.7(7.9)	-2.65(0.6)	**
F5 (下顎頭形態比率の差)	0.040(0.174)	-0.004(0.018)	0.068(0.072)	0.063(0.046)	n. s
F6 (下顎頭の前後的位置)	-0.125(1.3)	-1.7(1.0)	-0.6(1.1)	0.4(0.6)	n. s
F7 (下顎骨の非対称度)	-0.015(0.023)	-0.052(0.042)	-0.025(0.032)	0.028(0.019)	n. s

** ; p<0.01

かった。

2. 咀嚼パターン別の顎顔面・顎関節形態と咬合状態

表 2-1 は、全対象者のすべての形態変量 (F1~F7) に関して計測した結果である。表 2-2 は、すべての形態変量 (F1~F7) に関して、咀嚼パターン別に平均値の比較を行った結果である。その結果、下顎頭長軸角の差に関してパターン 1-a はパターン 2-a に比べて

表 3 咀嚼パターン別の咬合状態

	側方偏位型	左右対称型	回転偏位型
パターン 1-a	2	2	4
パターン 1-b	0	1	2
パターン 2-a	2	1	3
パターン 3-a	1	0	1

1%レベルで有意に小さいことが確認された。さらに、分類された各パターンの咬合状態について調査した結果、各パターンの咬合状態の分布は一樣でなかった(表3)。

考 察

I. 研究対象者について

一般に下顎非対称者の中にはTMDを有する者が多く、これまでに統計学的に下顎非対称者のTMD有症状者率がきわめて高いことが確認されている^{13,16~19)}。しかし、本研究ではTMDを有さないことを研究対象者の選択条件とした。その理由は、片側TMD有症状者の健側咀嚼運動経路が不安定で異常な咀嚼運動経路を示し^{20~22)}、最下点が患側方向へ偏位するパターンが多いことから^{20,23,24)}、咀嚼運動経路と形態との関連性を明確にすることが困難になると考えたからである。よって緒言でも述べたように、下顎非対称者の中でもTMD有症状者率が最も低い¹³⁾と報告されている骨格性下顎前突症を研究対象者として選択した。しかし、それでもTMDを伴わない下顎非対称者の割合は低いことから、研究対象者数が制限される結果となった。

II. 研究方法について

1. 咀嚼運動の解析について

本研究では、研究対象者の咀嚼運動経路の概形を把握するために平均咀嚼経路を分析対象とし、定性的および定量的に評価を行った。咀嚼運動経路の定量的な評価は、瑞森らの方法²⁵⁾に従い、最下点側方偏位度および平均咀嚼幅径の2つの計測値にて行った。なお、最下点側方偏位の程度を角度で現したのは、対象者間の開口量の違いによる影響を取り除くためである。また、咀嚼運動経路における咀嚼幅径の評価方法は、最大側方幅²²⁾および平均咀嚼幅径^{26,27)}があるが、新井ら²⁷⁾が述べているように、最大側方幅では咀嚼運動経路全体の咀嚼幅径を把握することは困難であることから、本研究においても咀嚼幅径の評価に平均咀嚼幅径を用いた。

2. 顎顔面・顎関節形態の分析と咬合状態の分類について

1) 形態分析について

三次元的な歪みを伴う下顎非対称者の形態評価は、これまで正面頭部X線規格写真^{28~32)}、軸位X線規格写真^{1,4,33)}を用いる方法が一般的であったが、最近ではCTによる三次元的形態分析^{34,35)}も普及してきている。しかしCT撮影による三次元的形態分析は、被曝量の問題や形態の分析方法が確立されていないことから、一般的に適用されるに至っていない。よって、本研究

においては、従来行われてきた正面頭部X線規格写真、軸位X線写真を用いる方法で下顎非対称の形態分析を行った。

正面頭部X線規格写真分析において、さまざまな水平基準軸^{36~39)}が存在するが、本研究ではZy-Zy¹³⁷⁾を水平基準軸として選択した。それは、咀嚼運動記録時の水平基準軸と正面頭部X線規格写真分析で設定する水平基準軸との角度差はなるべく少なくする必要があったためである。すなわち、正面頭部X線規格写真分析の際、咀嚼運動記録時の水平基準平面であるFH平面を設置したいと考え、Porionの高さに比較的近く、かつ正貌において明瞭に描出される頬骨弓を水平基準軸の設定に用いた。

2) 軸位X線写真の撮影方法について

本研究の軸位X線写真は規格化された方法で撮影されていないため、個々のフィルム上での被写体の拡大率は異なる。しかし、下顎頭や下顎骨の形態評価は、角度計測あるいは線計測を行うものに関しては、比率を用いて行っているため問題がないと考えられた。また、頭部の左右的位置づけに耳桿を用いていないが、X線照射側から投影される直線状の光線が、顔面正中に一致することを確認した上で撮影を行っているの、左右的頭位は同条件で撮影されていると考えられた。また、垂直的にはフィルム面とFH平面が平行になるように、頭位あるいはフィルムの位置づけを調整し撮影を行った。実際にこの頭位とフィルム面の位置づけは視覚的に決定されているために精度上の問題はあるものの、本研究では各構造物の大きさを評価することが目的ではなく、各構造物の左右的な相違や非対称性を評価することが目的であるため、左右的頭位が同条件で撮影されていれば、多少の垂直的頭位変動は無視できるものと考えられた。また過去の報告においても、軸位X線写真撮影におけるX線入射角度は、数度の変化であれば、長軸角への影響はほとんどないとされている^{40,41)}。

3) 咬合状態の分類について

一般に下顎非対称者の咬合状態は千差万別で、単純なグループ分類はできないと思われる。しかし本研究では臼歯部咀嚼の記録を行っていることと、多くの研究対象者が下顎側方運動ガイドを臼歯部で行っていることから、臼歯部咬合状態を中心に識別した。その結果、本研究対象者の咬合状態についてはタイプA~Cに分類ができたが、すべての下顎非対称を伴う骨格性下顎前突症の咬合状態がこの3つに分類できるわけではない。例として咬頭対咬頭のような不安定な咬合状態は、タイプA~Cいずれにも属さない。しかし、これは逆に本研究対象者にこのような不安定な咬合状態が存在しなかったことを意味する。すなわち、このタイプA~Cの咬合状態は、下顎非対称を伴いかつTMD

を有さない骨格性下顎前突症者に特有な咬合状態と考えられる。ただし、これに関する調査は、対象者数をさらに増やしてから再検討する必要がある。

III. 結果について

1. 咀嚼運動経路の特徴について

小山ら¹⁰⁾は主咀嚼側が下顎の偏位側である群と主咀嚼側が下顎の非偏位側である群の咀嚼運動経路を比較し、偏位側咀嚼運動経路の開口路角や閉口路角および最大側方幅径は非偏位側に比べ小さいと報告している。主咀嚼側と非主咀嚼側は咀嚼リズムや咀嚼経路の安定性の面で機能的差異が存在することから^{42,43)}、最近の報告の多くは^{12,13,26,27)}、主咀嚼側の運動経路を分析に用いている。しかし本研究においては、偏位側咀嚼と非偏位側咀嚼の運動経路の非対称性を個体別に評価することが目的であるため、主咀嚼側の運動経路の分析ではなく、対象者の偏位側咀嚼と非偏位側咀嚼の運動経路をともに分析に用いた。その結果、偏位側咀嚼の最下点側方偏位度および平均咀嚼幅径は、非偏位側咀嚼に比較して有意に小さかった。

本研究においては、平均値の上では上記の特徴が認められたが、咀嚼運動経路の非対称性とオトガイ偏位量との間に相関は認められず、図8に示されるように、対象者の中には、偏位側咀嚼の最下点側方偏位度あるいは平均咀嚼幅径が非偏位側咀嚼に比べ大きいパターンを有する者も含まれていた。

以上のことから、下顎非対称者の咀嚼運動経路の特徴は一樣ではなく、いくつかのパターンに分類すべきであることが示唆された。そこで、本研究においては研究対象者の偏位側咀嚼および非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度の相違、平均咀嚼幅径の相違に応じて分類を試みたところ、前述したような4つの咀嚼パターンが存在した。

2. 咀嚼運動経路、顎顔面・顎関節形態および咬合状態の関連性について

1) 全対象者の分析

全対象者の分析において、咀嚼運動経路の非対称性と唯一関連性が認められた形態パラメータが下顎頭長軸角であった(表1-1)。すなわち、下顎頭長軸角の差と最下点側方偏位度の差は1%レベルで有意な正の相関が認められた。しかしこの結果は、最下点側方偏位度の差で表現することが困難な偏位側の咀嚼運動経路が非咀嚼側に斜走するようなパターン(パターン3)を含めて分析した結果であることを念頭におかなければならない。全対象者の中にパターン3を有する者が多い場合は、この結果から、対側と比較して下顎頭長軸角が大きくなるほど、対側と比較してより咀嚼側方向に偏位して開閉口する非対称なパターンを呈するということには無理がある。またこの分析結果からは、パター

ン3を有する者がいかなる顎顔面・顎関節形態特徴や咬合状態を有するかや、咀嚼幅径に関与する形態因子について明らかにすることができなかった。よって偏位側咀嚼および非偏位側咀嚼の最下点側方偏位度の相違、平均咀嚼幅径の相違に応じて分類した咀嚼パターン別に顎顔面・顎関節形態特徴および咬合状態について検討するに至った。

2) 咀嚼パターン別の顎顔面・顎関節形態特徴および咬合状態

① パターン1-aとパターン2-aとの比較

パターン1-aでは非偏位側咀嚼が偏位側咀嚼と比較してより咀嚼側方向に偏位して開閉口するが、パターン2-aではそれとは逆に偏位側咀嚼が非偏位側咀嚼と比較してより咀嚼側方向に偏位して開閉口するという特徴を有している。それぞれのパターンを有する研究対象者について、顎顔面・顎関節形態および咬合状態の差異について比較した結果、下顎頭長軸角に関して、パターン1-aとパターン2-aは、対照的な下顎頭形態を有することが明らかになった(表2-2)。すなわち、パターン1-aでは非偏位側の下顎頭長軸角が偏位側の下顎頭長軸角に比較して急傾斜であり、パターン2-aでは偏位側の下顎頭長軸角が非偏位側の下顎頭長軸角に比較して急傾斜であった。これらの結果から、オトガイ偏位側や咬合状態と関係なく、下顎頭長軸角の急傾斜側の咀嚼運動経路は対側に比べてより咀嚼側方向に偏位して開閉口するパターンが形成されることが示唆された。

つぎに咀嚼運動方向の非対称性と下顎頭長軸角の非対称性の関連性について考察する。パターン1-aは、非偏位側(下顎頭長軸角の急傾斜側)の咀嚼運動経路は偏位側と比べてより咀嚼側方向に偏位して開閉口する特徴を示していた。すなわち、その際に下顎骨は側方運動を行うために、非偏位側で作業側(下顎頭長軸角の急傾斜側)である下顎頭を中心に前外方回転しているものと推察された(図11)。また、偏位側(下顎頭長軸角の緩傾斜側)の咀嚼運動経路は側方運動量が少なく、直線的に開閉口する蝶番運動様パターンであったことから、偏位側である作業側(下顎頭長軸角の緩傾斜側)の下顎頭を中心にした下顎骨の前外方回転はほとんどなされていないものと思われた。パターン2-aは、偏位側および非偏位側の下顎頭長軸角の大小はパターン1-aと逆であるものの、偏位側(下顎頭長軸角の急傾斜側)の咀嚼運動経路は非偏位側と比べてより咀嚼側方向に偏位して開閉口し、非偏位側(下顎頭長軸角の緩傾斜側)の咀嚼運動経路は直線的に開閉口する特徴を示していたことから、パターン1-aの場合と同様の推察が成り立つ。すなわち、下顎骨側方運動時の回転中心となる作業側の下顎頭長軸角傾斜の大きさは、外方回転の可能性の程度を意味しているものと

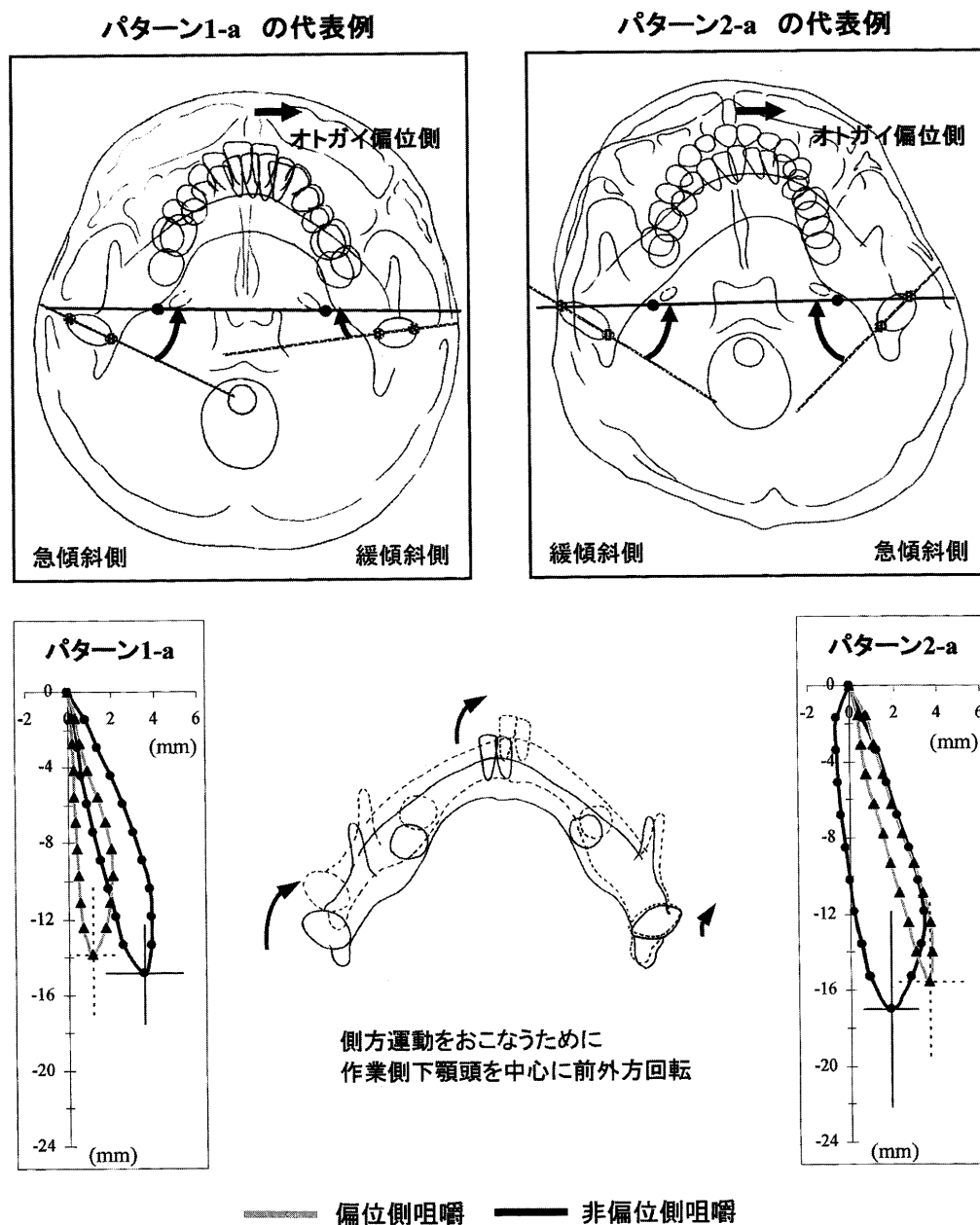


図 11 咀嚼運動方向の非対称性と下顎頭長軸角の非対称性との関連性について
下顎骨側方運動時の回転中心となる作業側の下顎頭長軸角傾斜度の大きさは、外方回転の
可能性の程度を意味しているものと推察された。

思われた (図 11)。

② パターン 1-a とパターン 1-b との比較

咀嚼幅径の大きさに関与する形態因子について検討することを目的とし、パターン 1-a およびパターン 1-b 間ですべての形態変量 (F 1~F 7) に関して平均値の比較を行った結果、すべての形態変量 (F 1~F 7) において有意差は認められなかった。また、咬合状態においても、両群間に相違は認められなかった。パターン 1-b の症例数が少ないことも関係して、この検討方法

においても、咀嚼幅径に関与する形態因子を明確にすることはできなかった。

これまでの研究報告によれば、側方ガイドの相違により咀嚼運動経路にはグライントタイプとチョッピングタイプが認められるということが明らかにされている⁴⁴⁾。また北井⁴⁵⁾は、正常咬合者は閉口相初期に咀嚼側側頭筋後部より遅れて非咀嚼側側頭筋後部が活動するのに対し、骨格性反対咬合者は閉口時に咀嚼側および非咀嚼側側頭筋後部が同じタイミングで活動するため

閉口初期に下顎の非咀嚼側への側方移動がされないまま閉口し、チョッピングストロークが形成されたと述べている。そして臼歯に加わる力の方向が変化すると咬筋、側頭筋の反射効果が変化するという報告^{46,47)}をもとに、正常咬合者と骨格性反対咬合者の咬合接触状態の相違が側頭筋の活動にも影響を及ぼしたと推察している。これらの報告^{42,43)}から、咀嚼幅径に関与する形態因子を明らかにするためには、側方ガイド歯を含めた動的咬合状態について詳細な追加調査を行い再検討する必要がある。

3) パターン3の特徴

パターン3の2症例は、いずれもオトガイ偏位量が大きく、下顎骨体長の左右差も著しく、特異的な形態を示していた。またパターン3の偏位側の咀嚼運動経路から、非作業側である非偏位側の下顎頭の前内方への運動がなされていないと推察された。パターン3の形成成因については、今後症例数を増加して、検討を深める必要がある。

結 語

下顎非対称を伴いかつTMDを有さない骨格性下顎前突症の、咀嚼運動経路と顎顔面・顎関節形態や咬合状態との関連性について検討した結果、咀嚼運動方向の非対称は、オトガイ偏位側や咬合状態と関係なく、下顎頭長軸角の非対称性と関連性があることが示唆された。これは下顎非対称に対する生体の順応あるいは補償の結果であると解釈された。本研究の結果は、下顎非対称者の矯正治療や外科的矯正治療に伴う形態および機能的変化の評価、さらにはTMDを有する下顎非対称者の異常な咀嚼運動経路の評価にとって有用な情報であると考えられた。

稿を終えるにあたり、研究資料の採得に際しご協力いただきました発達加齢・保健歯科学講座顎発達・咬合形成学分野の教室員各位に厚くお礼申し上げます。

なお、本論文の要旨の一部は、第60回 日本矯正歯科学会学術大会（平成13年10月、東京）において発表した。

文 献

- 1) 佐藤勇資, 福井忠雄, 原 省司, 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(3): 58-68, 1993.
- 2) Pirttiniemi, P., Raustia, A., Kantomaa, T. and Pyhtinen, J.: Relationships of bicondylar position to occlusal asymmetry, Eur J Orthod 13: 441-445, 1991.
- 3) Pirttiniemi, P. and Kantomaa, T.: Relation of glenoid fossa morphology to mandibulofacial asymmetry, studied in dry human Lapp skulls, Acta Odontol Scand 50: 235-243, 1992.
- 4) O'Byrn, B. L., Sadowsky, C., Schneider, B. and BeGole, E. A.: An evaluation of mandibular asymmetry in adults with unilateral posterior crossbite, Am J Orthod 107: 394-400, 1995.
- 5) 廣瀬圭三: 骨格性下顎前突症における咀嚼筋活動と正貌形態との関連性に関する研究, 歯学 78: 49-62, 1990.
- 6) Pirttiniemi, P., Kantomaa, T. and Lahtela, P.: Relationship between craniofacial and condyle path asymmetry in unilateral cross-bite patients, Eur J Orthod 12: 408-413, 1990.
- 7) 近藤裕敏: 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に関する研究, 歯学 78: 261-279, 1991.
- 8) 福井忠男, 佐藤勇資, 山田一尋, 他: 下顎偏位量と下顎前方運動時の左右顎頭運動の運動経路との関係について, 日矯歯誌 51: 203-209, 1992.
- 9) Mimura, H. and Deguchi, T.: Relationship between sagittal condylar path and the degree of mandibular asymmetry in unilateral cross bite patients, J of Craniomandibular practice 12: 161-166, 1994.
- 10) 小山真規, 高瀬哲也, 長濱加奈, 他: 下顎骨側方偏位を伴う骨格性下顎前突症の咀嚼運動経路に関する研究, 近東矯歯誌 31: 87-95, 1996.
- 11) 加藤嘉之, 本橋信義, 今村尚子, 他: 顔面非対称者の正貌骨格形態と下顎頭運動路の関連, 日顎変形誌 10: 264-272, 2000.
- 12) 矢野圭介, 久保田雅人, 篠原 親, 他: 顎の非対称を伴う骨格性下顎前突症における下顎頭長軸角と習慣性咀嚼との関連性について, 日顎変形誌 102: 110-116, 2000.
- 13) 前田裕子, 萬代弘毅, 菅原準二, 三谷英夫: 顎顔面形態と顎関節症状の発現様態に関する研究—特に顔面非対称との関わりについて—, 日矯歯誌 60: 25-34, 2001.
- 14) 菅原準二, 曾矢猛美, 川村 仁, 金森吉成: 平均顔面頭蓋図形 (CDS) を利用した顎顔面頭蓋図形の形態分析: 顎矯正外科症例への適用, 日矯歯誌 47: 394-408, 1988.
- 15) 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究, 補綴誌 34: 1112-1126, 1990.
- 16) 向山雄彦, 深沢裕文, 糠塚重徳, 三谷英夫: 不正咬合者の顎機能異常発現に関する調査—低年齢反対咬合者を対象として—, 日矯歯誌 45: 574-580, 1986.

- 17) 深沢裕文, 向山雄彦, 栗田定明, 他: 成人不正咬合者 (19-29 歳) 顎機能異常発現に関する調査, 顎関節研究会誌 8 : 106, 1987.
- 18) 不島健持, 秋本 進, 高本健雄, 他: 下顎側方偏位症例の形態的特徴および顎関節症状の発現—正貌頭部 X 線規格写真による分析—, 日矯歯誌 48 : 322-328, 1989.
- 19) 栗原恵子, 藤田幸弘, 相馬邦道: 不正咬合の顎関節症状および下顎側方偏位量の実態調査—受診患者を標本集団として—, 日顎誌 6 : 196-207, 1994.
- 20) 加藤信次: 顎関節機能障害患者の切歯点における咀嚼運動について, 歯科医学 41 : 117-146, 1978.
- 21) Mongini, F. and Tempia-Valenta, G.: A graphic and statistical analysis of the chewing movements in function and dysfunction, J Craniomandib Pract 2 : 125-134, 1984.
- 22) 瑞森崇弘: 咀嚼運動分析による顎口腔機能診断に関する研究, 阪大歯学誌 32 : 105-136, 1987.
- 23) 尾崎佳孝: 顎関節症にみられる顎運動異常に関する研究, 歯科学報 83 : 937-980, 1983.
- 24) 桑原俊也, 瑞森崇弘, 桑原隆男, 他: 咀嚼運動における顎関節変化の及ぼす影響に関する研究, 補綴誌 30 : 216-226, 1986.
- 25) 瑞森崇弘, 桑原俊也, 中村康弘, 他: 咀嚼運動の恒常性に関する臨床的研究—同一食品における運動経路について—, 補綴誌 29 : 647-656, 1985.
- 26) 芳賀影嗣, 志賀 博, 小林義典: 咀嚼運動の機能的分析—正常者における各種食品咀嚼時の経路のパターン—, 補綴誌 35 : 907-918, 1991.
- 27) 新井一仁, 石川晴夫: 骨格性反対咬合者の咀嚼運動経路, 日矯歯誌 53 : 154-168, 1994.
- 28) Letzer, G. M. and Kronman, J. H.: A posterior-anterior cephalometric evaluation of craniofacial asymmetry, Angle Orthod 37 : 205-211, 1967.
- 29) 谷 政澄, 池谷正昭, 渡辺正敏, 他: 正貌 X 線規格写真による顔面非対称の分析, 日口外誌 35 : 1749-1759, 1989.
- 30) 青島 攻: 外科的矯正治療を必要とする交叉咬合者の正面頭部 X 線規格写真による顔の対称性の検討, 日矯歯誌 49 : 256-262, 1990.
- 31) 加藤嘉之, 天願俊泉, 清水利江子, 他: 顔面非対称の正面頭部 X 線規格写真分析, 顎変形誌 4 : 87-95, 1994.
- 32) Padwa, B. L., Kaiser, M. O. and Kaban, L. B.: Occlusal cant in the frontal plane as a reflection of asymmetry, J Oral Maxillofac Surg 55 : 811-817, 1997.
- 33) Clifton, T. F., Charles, J. B. and Kevin, J. H., Diagnosis and treatment planning of skeletal asymmetry with the submental-vertical radiograph, Am J Orthod 85 : 224-237, 1984.
- 34) 松野 功, 河上宗博, 山村雅彦, 他: 頭蓋顔面変形症例に対する 3 次元の形態分析法, 日矯歯誌 49 : 291-301, 1990.
- 35) Kragsov, J., Bosch, C., Gyldensted, C. and Pedersen, S. S.: Comparison of reliability of craniofacial anatomic landmarks based on cephalometric radiographs and three-dimensional CT scans, Cleft Palate Craniofacial J 34 : 111-116, 1997.
- 36) 中後忠男, 石沢命久: 頭部 X 線規格正貌写真分析法に関する正中線の決定について, 日矯歯誌 20 : 152-157, 1951.
- 37) Ricketts, R. M.: Cephalometric synthesis; an exercise in stating objectives and planning treatment with tracings of roentgenogram, Am J Orthod 46 : 647-693, 1960.
- 38) Mulic, J. F.: Clinical use of the frontal head film, Angle Orthod 35 : 299-304, 1965.
- 39) Sassouni, V.: Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry, Am J Orthod 44 : 433-463, 1985.
- 40) 筒井重行, 和田 明, 伊藤伸也, 他: オトガイ—頭頂方向撮影法による顎関節の X 線学的研究—下顎頭長軸角について—, 日口外誌 31 : 402-407, 1985.
- 41) 北森秀季, 田川一夫, 山田敏朗, 他: 顎関節軸位 X 線像における下顎頭長軸角度の変動, 歯科放射線 26 : 327-332, 1986.
- 42) 仁村秀由喜, 小林義典: 咀嚼運動における主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼側咀嚼時との差異, 補綴誌 34 : 1127-1139, 1990.
- 43) 志賀 博, 小林義典, 村上義和, 他: EMG の咀嚼リズムにおける主咀嚼側咀嚼時と非主咀嚼時との差異, 歯学 80 : 439-446, 1992.
- 44) 桑原俊也, 丸山剛郎: 咀嚼運動; 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男, 他編 顎口腔機能分析の基礎とその応用, 第 1 版, 東京, 1991, デンタルダイヤモンド, 70.
- 45) 北井則行: 成人骨格性下顎前突症の咀嚼機能について: 咬合状態および食物の硬さと咀嚼機能の関連性, 阪大歯誌 39 : 294-314, 1994.
- 46) 松岸 潔, 島田久八郎: ヒト上下顎大臼歯への側方圧刺激による咬筋の反射性制御, 日矯歯誌 52 : 327-344, 1993.

- 47) Yamamura, C., Kosugi, S., Ono, K. and Shimada, K. : Patterns of jaw reflexs induced by incisal and molar pressure stimulation in relation to background levels of jaw-clenching force in humans, Jpn J Physiol 43 : 87-102, 1993.

主 任 : 三 谷 英 夫 教 授 2002 年 4 月 10 日 受 付
2002 年 5 月 24 日 受 理

連絡先 : 菅 原 準 二
東北大学大学院歯学研究科発達加齢・保健歯科学講座顎発達・咬合形成学分野
〒 980-8575 宮城県仙台市青葉区星陵町 4-1