

原 著

下顎前突症患者の咀嚼筋活動に関する研究
—最大かみしめ，ガム咀嚼時の評価—

山本悦子 原 淳* 名方俊介** 中島昭彦**

九州大学大学院歯学府口腔保健推進学講座

* 九州大学病院口腔保健科矯正歯科

** 九州大学大学院歯学研究院口腔保健推進学講座

YAMAMOTO Etsuko, HARA Atsushi*, NAKATA Shunsuke**, NAKASIMA Akihiko**

Division of Oral Health, Growth and Development, Graduate School of Dental Science, Kyushu University

* Department of Orthodontics, Kyushu University Hospital

** Division of Oral Health, Growth and Development, Faculty of Dental Science, Kyushu University

キーワード：下顎前突症，筋電図，積分値，形態，ガム咀嚼

抄録：本研究は，骨格性下顎前突症患者における咀嚼筋活動量と顎顔面形態の関係を調べることを目的とした。被験者は27名の下顎前突症成人女性患者群（平均年齢22.0歳）と30名の正常咬合をもつ成人女性群（平均年齢21.9歳）とした。筋活動量の計測には，側頭筋前部，咬筋および顎二腹筋の筋電図を用い，10秒間の最大かみしめおよび20秒間のガム咀嚼時の筋電図を採得し，両群の比較を行った。患者群においては筋電図波形の積分値と側面頭部X線規格写真の形態計測値との相関を求めた。ガム咀嚼時において下顎前突症患者的閉口筋活動は正常咬合者よりも低かった。下顎前突症患者は，下顎骨が前方に位置するほど閉口筋活動量は大きく，垂直的開咬の程度が大きいほど閉口筋活動量は小さかった。本研究結果から咀嚼筋活動と顎顔面形態との密接な関係が認められ，両者は相互に影響していることが示唆された。

(Orthod Waves-Jpn Ed 2008; 67(2): 108-117)

Study of masticatory muscle activity in patients
with mandibular prognathism
—Evaluation during maximum clenching and
gum chewing—

Abstract: The purpose of this study was to investigate the relationship between craniofacial morphology and activity of the masticatory muscles in patients with mandibular prognathism. Twenty-seven patients with mandibular prognathism and 30 adults with normal occlusions participated in this study. A lateral cephalogram was taken, and the 26 cephalometric parameters in each subject were measured. The activities of the jaw-closing and-opening muscles during 10 seconds of clenching and 20 seconds of gum chewing were evaluated by integrated electromyogram (EMG). The muscle activities of the patients were compared versus those of normal subjects, and correlation coefficients between muscle activity and cephalometric parameters in the patients were calculated. In the patients with mandibular prognathism, the jaw-closing muscle activities during mastication were lower than those of the normal subjects. The more the mandibular position protruded forward, the more the masticatory muscle activities increased. In addition, the larger the vertical open-bite was, the more the masticatory muscle activity decreased. This study suggests that muscle activities are closely correlated with craniofacial morphology in patients with mandibular prognathism.

(Orthod Waves-Jpn Ed 2008; 67(2): 108-117)

緒 言

骨格性下顎前突症は下顎骨の前方への発育異常により，オトガイ部の前方突出による皿様顔貌等の審美障

害や，著しい不正咬合による構音障害ならびに咀嚼障害をひきおこす疾患であり，大きな下顎角，下顎下縁平面の急傾斜，短い下顎枝，下顎の前方位などの傾向^{1,2)}が認められる。

このような顎口腔系の骨格形態の違いによって，そ

れに付着する咀嚼筋群の走行が異なる³⁻⁷⁾。その結果、筋機能の発揮されるベクトルが異なってくる。このおのおの筋によって異なるベクトルで発揮される機能は、顎骨の形態形成や維持に影響を及ぼすと同時にその特異な形態が咀嚼筋機能に影響することも考えられる。

一方、下顎前突症患者は、低い咀嚼能力⁸⁾や咀嚼筋の協調不全⁹⁾、咀嚼リズムの乱れ¹⁰⁾、咀嚼筋活動の積分値の低下^{10, 11)}やパワースペクトラムの異常¹¹⁾が報告されている。また、これらの患者は正常咬合者よりも咬合力が低い^{12, 13)}との報告もあり、顎顔面骨格形態の変異に伴い筋機能は変化することが示唆されている。しかしこれまで筋機能と顎顔面骨格形態との関連を調べた報告はあるものの、それらの報告の多くは筋活動の被験動作として、等尺性収縮である最大かみしめを用いており、咀嚼運動から解析したものは少ない。かみしめ時の筋活動については、最大かみしめ時に正常咬合者は咬筋が優位であるのに対し、下顎前突者では側頭筋活動に比べ咬筋活動が弱く機能的な不調和があると報告されている^{11, 14, 15)}が、その全容は明らかにされていない。さらに、咀嚼運動における筋電図を解析した研究報告には、サイクル時間やサイクルごとの積分値を代表値に用いる方法¹⁶⁻¹⁹⁾、咀嚼開始から嚥下に至るまでを咀嚼前期²⁰⁾、中期、後期と分離して分析する方法²¹⁾、全ストロークを連続的に分析する方法²²⁻²⁴⁾などが挙げられ、咀嚼運動時の筋活動量の評価法は十分に確立しているとは言い難い。

そこで、本研究は最大かみしめ、および咀嚼運動時の表面筋電図を用いて、外科的矯正治療の適用となった下顎前突症患者について顎口腔機能を評価するとともに、顎顔面形態と咀嚼筋活動量の関係について検討することを目的とした。

資料ならびに方法

I. 研究対象

被験者は九州大学病院矯正歯科に来院し、骨格性下顎前突症で顎矯正手術が適用との診断をされた患者（下顎前突症群）および個性正常咬合を有するボランティア（正常咬合者群）である。本研究において被験者とされた下顎前突症群は、ANB角が0か負の値を示し、正面頭部X線規格写真にて下顎の偏位が3 mm未満（ 0.9 ± 0.8 mm）のもの、および顎関節症状がなく、咬合状態は第一小臼歯以降の後方臼歯のみ接触している日本人成人女性（27名、平均年齢 21.9 ± 5.9 歳）とした。正常咬合者群は、Angle I級の臼歯関係、叢生はないかあったとしても軽度、および顎関節症状のない日本人成人女性（30名、平均年齢 21.87 ± 2.47 歳）とした。側面頭部X線写真分析値の両群の比較では、下顎前突症群は正常咬合者群に比べ、有意な下

顎の前方位、下顎枝の前方傾斜、相対的に大きい下顎骨体、上顎切歯の唇側傾斜、下顎切歯の舌側傾斜、小さいoverjetがみられ、また、相対的に大きい前顔面高および前下顔面高を示していた（表1）。本研究は、九州大学歯学研究院研究倫理委員会の許可の下、すべての被験者に対して本研究の目的を十分に説明し、同意の得られたものを対象とした。

II. 筋電図の記録および分析

筋電図（EMG）の採得にあたって、被験者はシールドルーム内にて座位をとらせ、フランクフルト平面と床が平行になるように按頭台で頭部を安定させた。被験筋は、両側側頭筋前部、咬筋および顎二腹筋の計6筋とし、不関電極は前頭部においた。Ag-AgCl双極表面電極を側頭筋前部では筋束前縁のそれぞれ中央部に、咬筋では咬筋筋束中央部に、顎二腹筋前腹では下顎骨正中底部と舌骨外側部の中央で筋腹の中央の点を中心として筋線維の走行とほぼ平行に電極間距離12 mmで貼付した。なお、電極の貼付の際にはアルコール綿による清拭によりインピーダンスの低下を図り、皮膚と電極との接触抵抗が10 k Ω 以下になっていることを確認した。

被験者には、まず10秒間の最大かみしめを3回、その後ガム咀嚼を左右側それぞれ20秒間行わせ、3,000 Hzのlow pass filterを用い、時定数0.03 secで入力し（Polygraph、日本電気三栄（株）、東京）、data recorder（RD-200T、TEAC社、東京）に記録した。その後0.2 msecのsampling clockでA/D変換し、多用途生体情報解析プログラム（BIMUTAS II、キッセイコムテック（株）、長野）を用いてEMG波形を解析した。最大かみしめは、自発性筋放電レベル0.02 mVを考慮し、活動電位がベースラインの2倍の0.04 mVを閾値として、開始2秒後からの5秒間の波形の積分値を求め、3回の平均値を算出した（図1-1）。ガム咀嚼においては、正常咬合者群および下顎前突症患者群ともにsilent periodを認めるものとそうでないものが混在したため、silent periodを含む場合は、1ストローク中のsilent period直後の活動電位が0.04 mVを超えた時点から40 msecを分析区間として選択した。また、silent periodを含まないものは1ストロークを3分割し、後半1/3中での最大振幅を中心に前後20 msec、計40 msecを分析区間として、その積分値を求め、第6ストロークから15ストロークの計10ストロークの平均値を算出した（図1-2）。

III. 顎顔面形態計測

正面および側面頭部X線規格写真の撮影にあたって被験者には咬頭嵌合位を指示し、100 kV、10 mAで撮影した。形態計測としては、被験者の側面頭部X

表1 下顎前突症群および正常咬合者群の形態計測値（側面頭部 X 線規格写真）

骨格系計測項目		下顎前突症群		正常咬合者群	
		Mean $\pm$ S.D.	Range	Mean $\pm$ S.D.	Range
角度	1 SNA ($^{\circ}$)	79.70 $\pm$ 3.74	73.10 – 89.20	81.14 $\pm$ 3.24	73.30 – 85.50
	2 SNB ($^{\circ}$)	82.56 $\pm$ 3.89 ***	75.10 – 89.30	77.19 $\pm$ 3.26	70.40 – 82.80
	3 ANB ($^{\circ}$)	–2.85 $\pm$ 2.90 ***	–10.00 – 0.00	3.95 $\pm$ 2.22	0.70 – 8.60
	4 Facial pl. angle ($^{\circ}$)	91.87 $\pm$ 3.65 ***	82.90 – 99.30	85.78 $\pm$ 3.19	78.30 – 92.00
	5 Y-axis ($^{\circ}$)	60.13 $\pm$ 3.95 ***	52.30 – 68.40	64.32 $\pm$ 3.12	59.20 – 72.10
	6 Ramus. Inclination ($^{\circ}$)	81.31 $\pm$ 4.88 ***	69.00 – 93.80	86.44 $\pm$ 4.83	78.70 – 97.20
	7 Mand. pl. angle ($^{\circ}$)	28.33 $\pm$ 5.29	18.70 – 39.70	28.41 $\pm$ 5.11	20.20 – 40.00
	8 Gonial angle ($^{\circ}$)	127.03 $\pm$ 5.07 **	113.60 – 136.60	121.97 $\pm$ 6.92	107.70 – 132.90
距離比	9 Cd–Go/S–N	0.91 $\pm$ 0.06	0.72 – 1.01	0.89 $\pm$ 0.08	0.75 – 1.00
	10 Go–Pog/S–N	1.23 $\pm$ 0.07 ***	1.09 – 1.36	1.15 $\pm$ 0.07	1.04 – 1.28
	11 Cd–Pog/S–N	1.87 $\pm$ 0.09 ***	1.70 – 2.04	1.73 $\pm$ 0.10	1.55 – 1.91
	12 Go–Pog/Cd–Go	1.37 $\pm$ 0.12	1.12 – 1.73	1.31 $\pm$ 0.12	1.13 – 1.58
	13 S–Go/N–Me	0.59 $\pm$ 0.03 ***	0.53 – 0.65	0.64 $\pm$ 0.04	0.54 – 0.71
	14 ANS–Me/N–Me	0.54 $\pm$ 0.04	0.46 – 0.63	0.56 $\pm$ 0.02	0.53 – 0.61
	15 N–Me/Ba–N	1.45 $\pm$ 0.08 ***	1.34 – 1.61	1.30 $\pm$ 0.08	1.16 – 1.51
歯槽系計測項目					
角度	16 U1 to FH ($^{\circ}$)	118.07 $\pm$ 7.54 **	103.80 – 127.10	111.63 $\pm$ 6.95	96.90 – 122.70
	17 Interincisal angle ($^{\circ}$)	129.70 $\pm$ 11.74	101.30 – 151.60	124.06 $\pm$ 10.33	104.70 – 141.30
	18 Occlusal pl. angle ($^{\circ}$)	10.31 $\pm$ 5.26	2.10 – 22.50	12.55 $\pm$ 3.87	4.50 – 21.20
	19 L1 to Mand. pl. ($^{\circ}$)	83.90 $\pm$ 6.94 ***	72.30 – 100.90	95.88 $\pm$ 8.46	77.80 – 111.60
距離	20 overbite (mm)	0.50 $\pm$ 3.34	–8.40 – 4.50	1.93 $\pm$ 0.73	1.00 – 3.00
	21 overjet (mm)	–2.61 $\pm$ 1.75 ***	–7.00 – –1.00	2.63 $\pm$ 0.53	2.00 – 3.00
距離比	22 ANS–U1/N–Me	0.22 $\pm$ 0.02 ***	0.17 – 0.28	0.25 $\pm$ 0.02	0.23 – 0.31
	23 L1–Me/N–Me	0.32 $\pm$ 0.02	0.28 – 0.36	0.33 $\pm$ 0.01	0.30 – 0.35
	24 FH–6/FH–Go	0.84 $\pm$ 0.05	0.76 – 1.02	0.84 $\pm$ 0.06	0.74 – 0.99
	25 FH–6–Mand/FH–Go	1.41 $\pm$ 0.09	1.24 – 1.70	1.43 $\pm$ 0.09	1.28 – 1.62
	26 Palatal–6/S–N	0.36 $\pm$ 0.04	0.30 – 0.48	0.35 $\pm$ 0.03	0.29 – 0.96

: 正常咬合者群との間に有意な差があることを示す。(: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$)

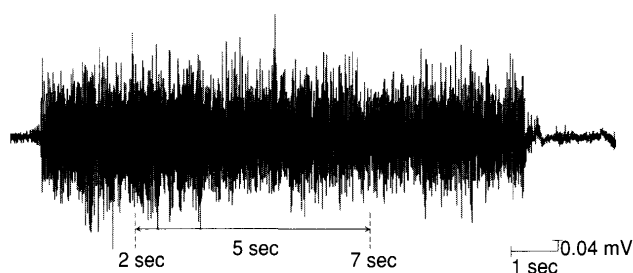


図1-1 最大かみしめ時の分析区間

0.04 mV を閾値とし、開始 2 秒後からの 5 秒間を分析区間とした。

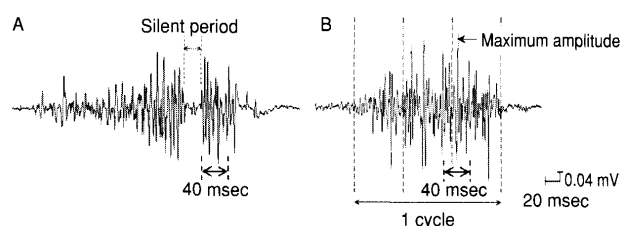


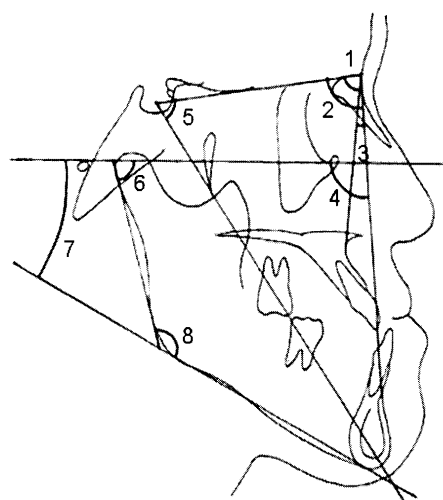
図1-2 ガム咀嚼時の分析区間

A: silent period を含む場合

1 ストローク中の silent period 直後の 0.04 mV を閾値として 40 msec.

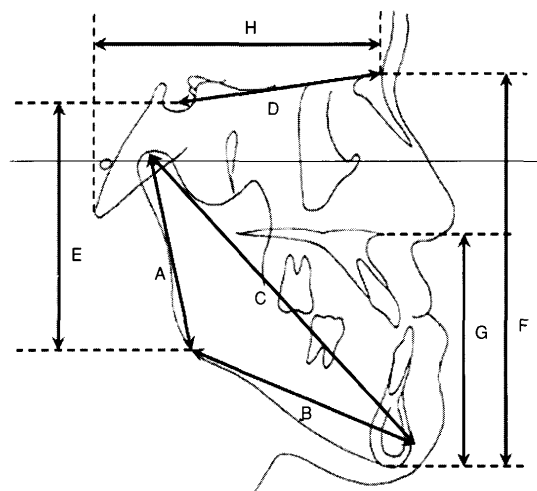
B: silent period を含まない場合

1 ストロークを 3 分割し、後半 1/3 中での最大振幅を中心に前後 20 msec、計 40 msec.



- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. SNA | 5. Y-axis |
| 2. SNB | 6. Ramus. Inclination |
| 3. ANB | 7. Mand. pl. angle |
| 4. Facial pl. angle | 8. Gonial angle |

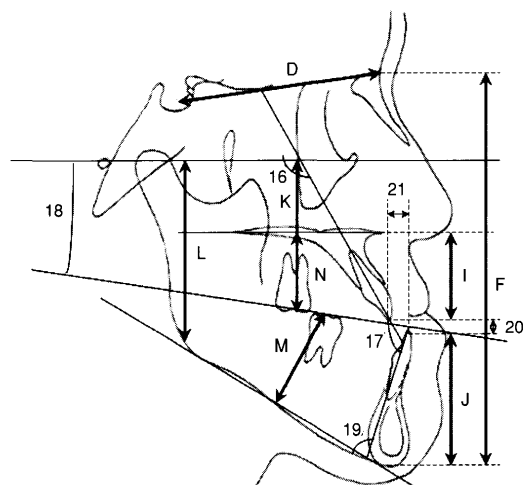
図 2-1 骨格系角度計測



- | | | | |
|------------------|-------|---------------|-------|
| 9. Cd-Go/S-N | (A/D) | 13. S-Go/N-M | (E/F) |
| 10. Go-Pog/S-N | (B/D) | 14. ANS-M/N-M | (G/F) |
| 11. Cd-Pog/S-N | (C/D) | 15. N-M/Ba-N | (F/H) |
| 12. Go-Pog/Cd-Go | (B/A) | | |

図 2-2 骨格系距離比計測

E, F, G: FH 平面に垂直な平面に投影した距離
H: FH 平面に投影した距離



- | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------|
| 16. U1 to FH | 22. ANS-U1/N-M | (I/F) |
| 17. Interincisal angle | 23. L1-M/N-M | (J/F) |
| 18. Occlusal pl. angle | 24. FH-6/FH-Go | (K/L) |
| 19. L1 to Mand. pl. angle | 25. FH-6-Mand/FH-Go | ((K+M)/L) |
| 20. Overbite | 26. Palatal-6/S-N | (N/D) |
| 21. Overjet | | |

図 2-3 歯槽系計測項目

F, I, J, K, L, N: FH 平面に垂直な平面に投影した距離

線規格写真のトレースを, cephalometric software program (Winceph7.0, ライズ, 仙台) を用いて Downs 法, Northwestern 法に加えて原らの計測項目, 骨格系 15 項目, 歯槽系 11 項目を求めた。被験者の頭部の大きさを基準化することを目的として, overbite と overjet を除き, 距離計測については 2 線分間の距離比を求めた (図 2)。すべてのフィルムは測定誤差を少なくするために 1 人の矯正歯科医がトレースした。

同一フィルムを 10 回トレースして, 計測誤差を検定したところ, すべての計測項目において 5% 未満であった。

IV. 統計処理

正常咬合者群と下顎前突症群との比較および群内の閉口筋活動間の比較には Student t-test を用いた。下顎前突症群における形態と筋活動の関係を調べるため同群の形態計測値と筋活動分析値の Pearson の相関分析を行った。いずれにおいても危険率 5% を有意性の判定基準とした。

結 果

I. 下顎前突症患者と正常咬合者との筋活動量の比較

側頭筋前部, 咬筋および顎二腹筋における最大かみしめ時およびガム咀嚼時の積分値を表 2 および図 3 に示した。

最大かみしめ時には, 閉口筋である側頭筋前部と咬筋の活動量は下顎前突症群が正常咬合者群に比べ低い傾向にあったが, その差は有意ではなかった。開口筋すなわち顎二腹筋前腹の筋活動量には両群に有意差はなかった。側頭筋前部筋活動量は咬筋活動量より両群とも有意 ($P < 0.01$, $P < 0.001$) に大きかった。

ガム咀嚼において下顎前突症群の側頭筋前部および咬筋の筋活動量の平均は正常咬合者群の約 2/3 の値を示し, 両者に有意 ($P < 0.05$) な差を認めた。下顎前突症群の顎二腹筋前腹の筋活動量は正常咬合者群と比

表2 下顎前突症群および正常咬合者群の筋電図積分値

	下顎前突症群		正常咬合者群	
	mean $\pm$ S.D.	Range	mean $\pm$ S.D.	Range
最大かみしめ				
側頭筋前部	454.57 $\pm$ 280.61 ^{##}	125.13 - 1452.42	574.72 $\pm$ 254.62 ^{###}	174.57 - 1119.03
咬筋	332.78 $\pm$ 201.73 [┘]	37.55 - 816.94	441.54 $\pm$ 247.48 [┘]	169.19 - 1115.18
顎二腹筋前腹	47.94 $\pm$ 52.07	9.63 - 237.94	46.82 $\pm$ 57.94	18.21 - 338.67
ガム咀嚼				
側頭筋前部	3.61 $\pm$ 2.32 *	1.01 - 10.42	5.02 $\pm$ 2.14 [┘]	1.68 - 10.73
咬筋	2.94 $\pm$ 1.75 *	0.50 - 6.81	4.36 $\pm$ 2.47 [┘]	1.76 - 14.74
顎二腹筋前腹	1.35 $\pm$ 0.65	0.50 - 2.89	1.61 $\pm$ 0.44	0.99 - 2.64

*: 正常咬合者群との間に有意な差があることを示す。

: 群内の閉口筋間に有意差があることを示す。(: $P < 0.05$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$)

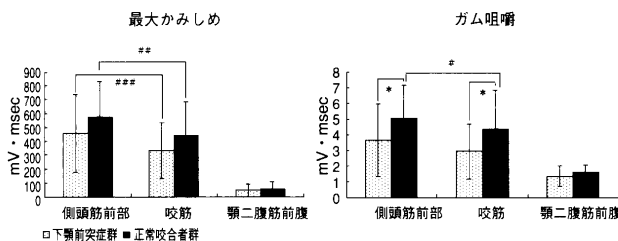


図3 下顎前突症患者群と正常咬合者群の筋電図積分値の比較（最大かみしめ、ガム咀嚼）

*: 両群に有意差 ($P < 0.05$) があることを示す。

*: 群内の閉口筋間に有意差があることを示す。

(*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$)

較して小さいが、有意差は認められなかった。正常咬合者群の側頭筋前部筋活動量は咬筋活動量より有意 ($P < 0.001$) に大きかった。

II. 下顎前突症患者群における筋活動量と顎顔面形態との関係

形態計測値 26 項目と最大かみしめ時およびガム咀嚼時の積分値との相関関係をそれぞれ表 3, 4 に示した。

1. 最大かみしめ

角度計測項目において、側頭筋前部と咬筋活動量は ANB 角と負の有意相関 ($r = -0.442$, $P < 0.05$; $r = -0.633$, $P < 0.001$)、Facial plane angle と咬筋活動量は正の有意相関 ($r = 0.430$, $P < 0.05$)、Y-axis と Mandibular plane angle は咬筋活動量と有意な負の相関 ($r = -0.542$, $P < 0.01$; $r = -0.602$, $P < 0.001$) を示した。また、側頭筋前部と咬筋活動量は Gonial angle と負の有意相関 ($r = -0.4$, $P < 0.05$; $r = -0.539$, $P < 0.01$) を示した。

距離比計測において、ANS-Me/N-Me は咬筋活動量と有意な負の相関 ($r = -0.445$, $P < 0.05$) を認めた。

歯槽系の計測項目において、Occlusal plane angle と咬筋活動量が負の有意相関 ($r = -0.406$, $P < 0.05$) を示し、overbite と側頭筋前部および咬筋活動量に正の有意相関 ($r = 0.436$, $P < 0.05$; $r = 0.433$, $P < 0.05$) が認められた。形態計測値と開口筋である顎二腹筋前腹の筋活動量の間にはすべて有意な相関は認めなかった。

2. ガム咀嚼

角度計測において、側頭筋前部、咬筋、顎二腹筋前腹の筋活動量は ANB 角と負の有意相関（それぞれ $r = -0.615$, $P < 0.001$; $r = -0.551$, $P < 0.01$; $r = -0.39$, $P < 0.05$)、Y-axis, Mandibular plane angle および Gonial angle は咬筋活動量とそれぞれ有意な負の相関 ($r = -0.533$, $P < 0.01$; $r = -0.496$, $P < 0.01$; $r = -0.415$, $P < 0.05$) を示した。

また、歯槽系の計測項目では、overbite と側頭筋前部筋活動量に有意な正の相関 ($r = 0.518$, $P < 0.01$)、overjet と側頭筋前部筋活動量は有意な負の相関 ($r = -0.393$, $P < 0.05$) が認められた。

考 察

I. 研究方法

本研究では表面筋電図を用いたが、表面筋電図は多数の筋線維群の活動電位からなる干渉波で、時間とともににきわめて複雑に変動する波形である。Angelone ら²⁵⁾、Frame ら²⁶⁾ は、筋電図の記録日が変われば筋の活動量も変化すると述べ、その原因として、電極位置の変化を挙げている。また、岡根ら²⁷⁾ は、電極を筋の走向に平行に貼付した場合の、前後的な位置の差による咬筋の活動量を比較し、筋腹の前縁部の活動量が最大で、後縁へいくに従い活動量は減少するが、中央部付近では部位が多少変わっても活動量は変化しないと述べている。したがって本研究においても、筋腹の

表3 最大かみしめ時における下顎前突症群の形態計測値と筋活動量との相関係数

	骨格系計測値	側頭筋前腹	咬筋	顎二腹筋前部
角度	1 SNA (°)	-0.236	-0.175	-0.105
	2 SNB (°)	0.101	0.300	-0.164
	3 ANB (°)	-0.442 *	-0.633 ***	0.092
	4 Facial pl. angle (°)	0.186	0.430 *	-0.348
	5 Y-axis (°)	-0.286	-0.542 **	0.357
	6 Ramus. Inclination (°)	0.057	-0.091	0.304
	7 Mand. pl. angle (°)	-0.332	-0.602 ***	0.221
	8 Gonial angle (°)	-0.400 *	-0.539 **	-0.062
距離比	9 Cd-Go/S-N	-0.068	0.183	-0.292
	10 Go-Pog/S-N	-0.072	-0.191	-0.181
	11 Cd-Pog/S-N	-0.302	-0.325	-0.342
	12 Go-Pog/Cd-Go	0.001	-0.270	0.151
	13 S-Go/N-Me	0.078	0.123	0.021
	14 ANS-Me/N-Me	-0.263	-0.445 *	0.158
	15 N-Me/Ba-N	-0.132	-0.016	-0.333
歯槽系計測値				
角度	16 U1 to FH (°)	-0.073	-0.010	-0.059
	17 Interincisal angle (°)	0.292	0.311	-0.163
	18 Occlusal pl. angle (°)	-0.151	-0.406 *	0.228
	19 L1 to Mand. pl. (°)	-0.160	-0.055	0.170
距離	20 overbite (mm)	0.436 *	0.433 *	-0.149
	21 overjet (mm)	-0.282	-0.490 *	0.303
距離比	22 ANS-U1/N-Me	-0.005	-0.253	0.203
	23 L1-Me/N-Me	0.112	0.208	-0.128
	24 FH-6/FH-Go	-0.276	-0.329	0.312
	25 FH-6-Mand/FH-Go	-0.293	-0.330	0.325
	26 Palatal-6/S-N	-0.036	-0.194	-0.125

(*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$)

中央を触診で確認し、両筋ともそれぞれの筋線維の走向に沿って電極を貼付してEMG記録を行っているため、再現性に問題はないと考えられる。また、個体内においてもそのかみしめ強さに積分値は影響されるが、最大でかみしめるよう指導し、3回の平均値を求めているため大きな変動はないと考えられる。

咀嚼筋の機能分析には従来より筋電図が利用されているが、それは放電振幅や筋活動電位の積分値、協調性や発電パターンについて調べたものが多い。特に咀嚼運動中の分析では、咀嚼リズム²⁸⁾、持続時間などの時系列データを分析する方法¹⁶⁾が主に行われてきた。しかし時系列データは、咀嚼サイクルが異なり、サイクル毎の放電時間も異なることが報告されている。そのため咀嚼の1サイクルの全放電時間を積分することは、得られた値が時間に影響されることになる。また、正常咬合者群および下顎前突症群の両群に筋活動の休止期であるsilent periodが現れるものがあり、その部分を分析区間に入れることはsilent periodを含まないものと比較するのに適していないと考えられる。そ

こで、本研究では、ガム咀嚼時の筋電図においてsilent periodを含むものは、その直後の0.04 mVを閾値としてそれを越えた時点からの40 msecの波形を、また、silent periodを含まないものは1サイクルを3分割し、後半1/3中での最大振幅を中心に前後20 msec、計40 msecを選択し、積分値を求めた。

被験食品としてはガムを用いた。それは、①測定日が異なった場合でも個々人においては安定した咀嚼リズムが得られる²⁹⁾。②咀嚼回数が増加しても被験食品の物性、量に大きな変化がない³⁰⁾。③咀嚼運動中、頭部動揺が少なく、常に中心咬合位付近まで閉口する³¹⁾。などの利点があり、咀嚼運動の安定した記録波形が得られるためである。しかし、咀嚼初期には、唾液の分泌が著明に誘発され唾液嚥下のため、しばしば咀嚼が中断される欠点がある。三田ら³²⁾は、ガム咀嚼時の連続30ストローク中、リズムが最も安定するのは第4ストロークからであったとしている。そこで、本研究ではガムを十分に軟化し、唾液の分泌が減少してからの第6～15ストローク、計10ストロークの記録を

表4 ガム咀嚼時における下顎前突症群の形態計測値と筋活動量との相関係数

	骨格系計測値	側頭筋前部	咬筋	顎二腹筋前腹
角度	1 SNA (°)	-0.255	-0.176	-0.207
	2 SNB (°)	0.164	0.287	0.091
	3 ANB (°)	-0.551**	-0.615***	-0.390*
	4 Facial pl. angle (°)	0.208	0.464*	0.093
	5 Y-axis (°)	-0.314	-0.533**	-0.208
	6 Ramus. Inclination (°)	0.016	-0.107	-0.155
	7 Mand. pl. angle (°)	-0.308	-0.496**	-0.209
	8 Gonial angle (°)	-0.337	-0.415*	-0.068
距離比	9 Cd-Go/S-N	-0.232	-0.108	-0.247
	10 Go-Pog/S-N	0.156	0.142	-0.180
	11 Cd-Pog/S-N	-0.241	-0.216	-0.382*
	12 Go-Pog/Cd-Go	0.263	0.166	0.084
	13 S-Go/N-Me	-0.054	-0.140	0.032
	14 ANS-Me/N-Me	-0.234	-0.360	-0.164
	15 N-Me/Ba-N	-0.082	0.211	-0.154
歯槽系計測値				
角度	16 U1 to FH (°)	-0.117	0.313	0.074
	17 Interincisal angle (°)	0.341	-0.041	0.063
	18 Occlusal pl. angle (°)	-0.121	-0.315	-0.133
	19 L1 to Mand. pl. (°)	-0.214	0.107	-0.029
距離	20 overbite (mm)	0.518**	0.310	0.271
	21 overjet (mm)	-0.393*	-0.372	-0.160
距離比	22 ANS-U1/N-Me	0.152	-0.175	0.003
	23 L1-Me/N-Me	0.157	0.051	0.087
	24 FH-6/FH-Go	-0.182	-0.305	-0.225
	25 FH-6-Mand/FH-Go	-0.180	-0.311	-0.178
	26 Palatal-6/S-N	-0.070	-0.238	-0.187

(*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$)

分析の対象とした。

II. 下顎前突症患者群と正常咬合者群との咀嚼筋活動量の比較

最大かみしめ時において山鹿³³⁾は、正常咬合者の場合、咬筋の筋活動量は側頭筋よりも大きく、咬筋優勢であると報告している。それに対し、Macdougall³⁴⁾、Moyers³⁵⁾、六車³⁶⁾、三浦³⁷⁾、Grossman³⁸⁾、Greenfield³⁹⁾は咬筋ばかりでなく側頭筋も大きく活動すると報告し、またLatif⁴⁰⁾は中心咬合位での噛みしめ時に側頭筋全体がactiveとなり最大の作用を発現すると述べている。一方、山片⁴¹⁾は、骨格性下顎前突症患者では、かみしめ時に側頭筋に比べて咬筋の働きが弱いと報告している。また、骨格性下顎前突症患者の顎矯正手術時に咬筋生検を行った北川⁴²⁾によれば、下顎前突症群では正常咬合者群に比較してタイプI線維が優位で、タイプII線維の選択的萎縮、比率の減少がみられ、結果として最大咬合力が弱くなっている可能性を示している。一方、原⁴³⁾は成人正常咬合者を

対象とし、小杉⁴⁴⁾は小児を対象に、バイトブロックを用い、また、佐藤⁴⁵⁾は上下顎に着脱式のシーネを用いて、咬合接触位を変化させたときの咬筋、側頭筋の筋電図からその活動状態について研究を行った。その結果、咬筋、側頭筋の活動比率は切端咬合位では咬筋の活動が、臼歯咬合位では側頭筋の活動が大きいと報告している。そしてその原因は、歯根膜顎筋反射の出現パターンが刺激される歯種によって変化する^{46, 47)}、すなわち切歯刺激は咬筋へ、臼歯刺激は側頭筋へ強い興奮刺激を生じさせているためであると考察している。本研究においては、正常咬合者群、下顎前突症群ともに、最大かみしめ時において側頭筋活動が咬筋活動に比べて優勢であった。これは、臼歯からの反射によって側頭筋の筋活動割合が高くなっている可能性が考えられる。

本研究では、最大かみしめ時に正常咬合者群と下顎前突症群の間に筋活動量に有意な差は認められず、最大筋力による等尺性収縮時に発揮される筋機能には大きな差はないと考えられる。しかしながら、咀嚼運動

時での筋活動は正常咬合者群に比べ下顎前突症群は劣っていることが示された。柴田⁴⁸⁾は、咀嚼運動時の側頭筋および咬筋のピーク周波数が正常咬合者のそれよりも低く、それはNMU発射頻度の低下により筋の収縮強度が低下していることによると述べている。一般に不正咬合者では咀嚼能力が低いことが指摘されており、石原⁴⁹⁾は重度な下顎前突症患者においてはきわめて低い咀嚼能力を示していたことを報告している。また、咬合接触面積を研究したHelkimoら⁵⁰⁾は、咬合接触の数と咀嚼能力に密接な関係があることを示し、Owensら⁵¹⁾は正常咬合者と下顎前突症患者を対象とした研究において、下顎前突症患者の咬合接触面積は正常咬合者よりかなり小さいことを示した。本研究では、ガム咀嚼において、下顎前突症群は正常咬合者群に比べ側頭筋前部、咬筋の活動量が有意に小さい値を示した。これは、下顎前突症群のガム咀嚼時における咬合接触面積が小さいことから咀嚼能力が低くなり、その結果ガム咀嚼時における筋の収縮強度の低下が起こり、筋活動量が低下したと考えられる。

Ⅲ. 下顎前突症患者群における筋活動量と顎顔面形態との関係

下顎前突症患者群における筋活動量と顎顔面形態との関係を知るために両者の相関を調べた。骨格系の角度計測において、最大かみしめ時にANB角と側頭筋前部および咬筋活動量が負の相関、Facial plane angleと咬筋活動量が正の相関を示した。ガム咀嚼時は、ANB角と側頭筋前部、咬筋、顎二腹筋前腹筋活動量との間に有意な負の相関が認められた。このことは、下顎が前方に突出するほど側頭筋前部および咬筋の筋活動量が増加し、特に咬筋にその傾向がより強くみられることを示している。

閉顎力と顎顔面形態との関係を調べた谷口⁵²⁾は、Mandibular plane angleやGonial angleが大きい症例ほど、かみしめ時の咬筋活動を閉顎モーメントに変換する能率が低いと述べている。Ahlgren⁵³⁾、Möller⁵⁴⁾はGonial angleと咬筋活動の負の相関関係を指摘しているが、本研究においても最大かみしめ時はGonial angleと側頭筋および咬筋活動量、Mandibular plane angleと咬筋活動量は負の有意相関を示し、ガム咀嚼時では、Mandibular plane angle、Gonial angleと咬筋活動量に有意な負の相関が認められた。このことからdolico facial type（長顔型）を示す個体は筋活動量が小さいことを表している。佐藤ら⁴⁵⁾は、咬筋は側頭筋に比較して咬合力を発揮するpower generatorとしての役割が主体であり、かみしめ強さが増すと咬筋が優位に活動すると述べている。また、側頭筋は、前歯部開咬など下顎位が不安定な状況下では下顎位を保持するpositionerの役割を主体とするが、最大かみしめ

時には咬筋の活動を補ってpower generatorとしても働くと考えられている。本研究においてガム咀嚼時は咬筋のみに相関を認め、側頭筋との間に有意な関連がなかったことは、咀嚼運動時は、最大咬合力を必要としないため側頭筋がpower generatorとして作用しなかったことによると考えられる。

さらに、Y-axis, Mandibular plane angleは最大かみしめ時、ガム咀嚼時ともに咬筋活動量と負の有意相関を示しており、Gonial angleも側頭筋と比較して咬筋活動量との相関が高いことから下顎角部の形態や下顎下縁の傾斜は咬筋活動量とより強く関係していることが考えられる。

骨格的な距離計測比では、最大かみしめにおいて前下顔面高(ANS-Me/N-Me)と咬筋活動量との間に有意な負の相関を示した。下顎前突症患者の顎骨形態から、咬筋の走行が正常咬合者と異なるという報告³⁻⁵⁾がある。前下顔面高が大きくなるにつれて咬筋の筋活動量が小さくなり、側頭筋にも同様な傾向がみられることから、顎骨の形態や筋の走向の違いのために、咬筋筋力を十分に発揮できない可能性があることが考えられる。また、上顔面部の計測値と筋活動量との間に有意な相関を認めず、咀嚼筋活動と上顔面骨格形態との間の相互関係は強くないと考えられる。

歯槽系の距離計測では、最大かみしめ時はoverbiteと側頭筋前部および咬筋活動量との間に正の相関が示され、ガム咀嚼時は、overbiteと側頭筋前部活動量との間に有意な正の相関、overjetと側頭筋前部活動量との間に有意な負の相関が認められた。過去の開咬患者の咀嚼筋活動量を調べた研究⁵⁵⁾では、前歯部開咬と咬合の不安定さが咀嚼筋活動量の減少に影響していると報告している。また、Möllerら⁵⁴⁾は過蓋咬合と骨格性開咬を比較し、開咬における咬合力の劣性⁵⁶⁾を述べている。今回の研究においては、下顎前突症患者群は後方臼歯のみ接触していることを条件に選択しているため咬合接触に差はなく、咀嚼筋活動量の減少は咬合接触の数というよりはむしろ水平的な前歯部開咬による咬合の不安定さから生じているものと考えられた。

以上より、下顎前突症患者における形態と咀嚼筋活動量の関係性および咀嚼時における低い咀嚼筋活動量が示された。これらの結果を踏まえ、下顎前突症患者の治療による形態変化に伴い筋活動がどのように変化してくるのかを検討することが必要だと思われる。

結 論

下顎前突症患者群は正常咬合者群よりも咀嚼時の筋活動量が低かった。また、骨格性下顎前突症患者群の形態と筋活動量の相関により、下顎角の開大や急峻な

下顎下縁平面，大きな下顔面高など長顔型骨格形態では閉口筋活動量が小さい傾向がみられ，下顎骨が前方に位置するほど咀嚼筋活動が大きい傾向がみられた。顎顔面骨格形態と咀嚼筋活動には密接な関係が認められ，顎顔面形態および咬合関係が筋機能の低下あるいは不調和に影響すると考えられる一方で，反対に咀嚼筋機能が，骨格性および歯槽性の形態変化に影響する可能性が考えられた。すなわち成長期に咀嚼筋機能を整えることで，顎顔面形態の良好なバランスを獲得できる可能性があることを示しており，また，矯正や外科的矯正治療後の機能訓練により，治療後の形態を維持安定させることができる可能性が示唆された。

謝 辞

本稿を終えるにあたり，被験者としてご協力いただいた方々および医局の先生方をはじめ本研究の遂行にご協力いただきました方々全員に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 岩澤忠正, 難波涼二, 茂呂 元, 他. 混合歯列弓 (Dental Age IIIA~IIIB) における反対咬合者の頭部 X 線規格写真による研究: とくに Class I 反対咬合者と Class III 反対咬合者との形態的差異について. 日矯歯誌 1971; 30: 78–95.
- 2) 粥川 浩. 所謂反対咬合の形態学的研究: 第 3 編 レントゲン・セファロメトリーによる研究. 日矯歯誌 1957; 16 (2): 1–25.
- 3) Ahlgren J. Form and function of Angle Class III malocclusion. Rep Congr Eur Orthod Soc 1970; 77–88.
- 4) Sassouni V. A classification of skeletal facial types. Am J Orthod 1969; 55: 109–123.
- 5) Sassouni V. Orthodontics in dental practice: Chapter 6: Facial types and malocclusions. St Louis: Mosby, 1971: 121–144.
- 6) Proctor AD, DeVincenzo JP. Masseter muscle position relative to dentofacial form. Angle Orthod 1970; 40: 37–44.
- 7) Haas AJ. A biological approach to diagnosis, mechanics and treatment of vertical dysplasia. Angle Orthod 1980; 50: 279–300.
- 8) 高橋善男. 下顎矢状分割法を適用した骨格型下顎前突症の筋電図学的研究. 日口外誌 1985; 31: 2101–2112.
- 9) 小坂 肇. 下顎前突症患者における手術前後の筋電図学的研究. 歯科学報 1973; 73: 715–748.
- 10) 岩片信吾. 骨格性下顎前突者の咬合に関する研究: 第 2 報: 側方滑走運動時の大臼歯部の対合関係と咀嚼運動パターンとの関係について. 補綴誌 1990; 34: 1211–1221.
- 11) 小笠原利行, 石井保雄, 山本祥子, 他. 骨格性下顎前突症患者の閉口筋における等張性及び等尺性収縮時筋活動について. 口科誌 1999; 48: 54–59.
- 12) 羽田 勝, 松本直之, 山口和憲, 山内和夫. 咬合力発現機構に関する研究: 第 1 報 力学的解析およびヒト乾燥頭蓋による実験. 補綴誌 1980; 24: 329–336.
- 13) 松永兼剛, 尾田充孝, 山口博雄, 他. 顎顔面形態の不調和が咀嚼筋機能および重心に及ぼす影響について. 北海道歯誌 2005; 26: 103–114.
- 14) 長濱加奈, 山片重徳, 中嶋正博, 他. 顎変形症患者における顎矯正手術前後の筋機能の変化の検討. 日顎変形誌 2002; 12: 61–68.
- 15) 中村康宏, 北川善政, 山田一郎, 他. 顎顔面変形症患者における咀嚼筋 EMG パワースペクトラム分析 特に筋疲労について. 日顎変形誌 1993; 3: 53–62.
- 16) 石川晴夫, 田中 繁, 中村俊弘, 他. Angle I 級不正咬合における咀嚼運動と EMG リズムについて. 下顎運動機能と EMG 論文集 1989; 8: 75–80.
- 17) 米沢功至, 澤田 明, 金野 勇, 内山洋一. 筋電図咀嚼リズムを用いた顎関節症患者の治療効果の判定法. 下顎運動機能と EMG 論文集 1983; 2: 59–64.
- 18) 石垣尚一, 吉川健司, 仲谷江美子, 他. 筋電図診査の臨床応用に関する研究 第一報: 筋活動の評価方法について. 下顎運動機能と EMG 論文集 1988; 7: 139–146.
- 19) 川田 毅, 藤澤政紀, 石橋寛二, 菖蒲澤実. 筋電図の筋放電リズム, 筋活動量, パワースペクトラム同時解析: ガム咀嚼時の開口筋, 閉口筋を対象として. 下顎運動機能と EMG 論文集 1988; 6: 171–174.
- 20) 田村厚子, 柳沢幸江, 寺元芳子. 食品の物性と摂食機能に関する研究 第二報: 食品の物性による筋電図学的考察. 小児歯誌 1985; 23: 984–992.
- 21) 泉田 一蔵, 田島直孝, 山田博明, 他. 咀嚼運動に関する筋電図学および運動学的検討: 測定システムの同時性および連続性について. 補綴誌 1983; 27: 1234–1241.
- 22) 小林義典, 林 清平. 咀嚼系機能障害の筋電図学的診断. 下顎運動機能と EMG 論文集 1984; 3: 149–156.
- 23) 長澤 亨. 咀嚼筋活動と咀嚼リズム. 下顎運動機能と EMG 論文集 1982; 2: 99–104.
- 24) 又井直也, 安斎 隆, 平井敏博, 林 都志夫. 咀嚼リズムに関する一考察: 臨床応用を目指して. 下顎運動機能と EMG 論文集 1983; 3: 123–126.
- 25) Angelone L, Clayt on JA, Brandhorst WS. An approach to quantitative electromyography of the masseter muscle. J Dent Res 1960; 39: 17–23.
- 26) Frame JW, Rothwell PS, Duxbury AJ. The standardization of electromyography of the masseter

- 主 任：中島昭彦 教授 2007 年 11 月 26 日受付
 2008 年 2 月 18 日受理

九州大学大学院歯学府口腔保健推進学講座
〒812-8582 福岡市東区馬出3-1-1
E-mail : evama@dent.kyushu-u.ac.jp