原 著 論 文

顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について

III-3. Normal face 群におけるクレンチング方向の変化が咬合力値とその方向, 筋放電活動に及ぼす影響について

飯沼 利光 竹内 康司 森谷 良彦
伊藤 智加 大森 洋一 木村 匡孝
椎原 克寛 杉江 弘 竹内 英明
山本 正浩 若林香奈恵

The Influence of Craniofacial Form on Bite Force and EMG Activity of Masticatory Muscle

III-3. The Influence of Changing Direction in Clenching on Magnitude, Direction of Bite Force and EMG Activity in Normal Face Group

Toshimitsu Iinuma, Koji Takeuchi, Yoshihiko Moriya,
Tomoka Ito, Hirokazu Ohmori, Masataka Kimura,
Katsuhiro Shiihara, Hiroshi Sugie, Hideaki Takeuchi,
Masahiro Yamamoto and Kanae Wakabayashi

Abstract : In this study, dentulous subjects in the normal face group were selected had been engaged in vertical and anterior clenching to measure the magnitude and direction of bite force as well as the EMG activity of masticatory muscles. The influence of changing direction between vertical and anterior clenching on the functions of stomatognathic system were analyzed.

The results were as follows :

1. The magnitude of bite force in anterior clenching was smaller than that of in vertical clenching at 25~100%MC.

2. According to the increase of bite force, the direction of bite force (θ) in vertical and anterior clenching was increasing.

The dircetion of bite force (θ) in anterior clenching was smaller than that in vertical clenching 25~100%MC.

3. The EMG activity per 1 kgf of temporalis in anterior clenching was smaller than that in vertical clenching at 50~100%MC.

The EMG activity per 1 kgf of lateral and medial pterygoid muscle in anterior clenching was larger than that in vertical clenching at 25~100%MC.

Key words : normal face group, anterior clenching, magnitude of bite force, direction of bite force, EMG activity per 1 kgf

I. 緒 言

咀嚼運動は、下顎運動のなかで最も重要な機能運動の一つであり、顎口腔領域の多くの器官や組織の複雑な機能が巧妙に強調して行われている¹⁾。しかし、機能発現の場である頭部は、体の他の部に比べ複雑に構成されるため、そのメカニズムについては不明な点が多く、解剖学的および生理学的に多くの研究が行われている。

咀嚼運動時に上下顎の歯は咬合接触し、そのエネルギーは、様々な方向に咬合力（咀嚼力）として伝達される。この咬合力は、垂直的な力あるいは水平的な力として発現し、特に水平的な力が口腔内において非生理的に作用すると、歯周組織あるいは顎関節領域に障害を誘発する²⁻⁴⁾。そのため、この問題は、歯科臨床特に歯科補綴学の分野において重大な論点の一つとされている。

この問題解決の一助とするため、咀嚼運動時に重要な役割を演じている咀嚼筋と咬合力との関係について検討が行われてきた。顎顔面領域の形態を的確に分類し、かつ被検者間の顎機能を明確に規定して飯沼⁵⁾および竹内⁶⁾は、垂直方向クレンチング時の咬合力値やその方向と顎顔面形態との関連性について検討を行ったが、まだ前方および側方方向クレンチングについては十分検索されていない。

そこで本研究は、顎顔面形態の分類をした結果、Normal face 群に分類された健常有歯顎者を対象にして、クレンチング方向の変化が咬合力値とその方向、咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響を検討した。

II. 材料と方法

1. 被検者

被検者は、顎口腔系に自覚的および他覚的に異常を認めない健常有歯顎者で、上下顎第1大臼歯の咬合関係がAngle I級に相当し、上下顎第2大臼歯までに欠損や失活歯のない個性正常咬合を有する21～27歳男性8名である。これらの被検者は、竹内ら⁷⁾の報告に従いセファロ写真を用い顎顔面形態の分析分類を行った結果、Normal face 群に属する者である（図1および表1）。

2. 測定装置および方法

咬合力および筋放電活動の測定は、飯沼⁵⁾、飯沼ら⁸⁾および竹内⁶⁾の装置と方法に従った。

1) 咬合力

咬合力測定には、3個の圧力センサ（PS-100 KA、共和電業社）を用いた上顎クラッチと、直径6.0 mmの金属性球体を荷重部とした下顎クラッチとから構成される咬合力三次元測定装置を用いた。

2) 筋放電活動

咀嚼筋筋放電活動の測定は、多用途計測記録装置RM-6000（日本光電社）を用いて、垂直および前方方向クレンチング時の咬合力と同時記録した。

被検筋は、右側側頭筋前部、右側咬筋浅部、右側外側翼突筋下頭および右側内側翼突筋（以下、側頭筋、咬筋、外側翼突筋および内側翼突筋とする）とし、筋放電活動の導出では、側頭筋と咬筋は表面電極（disposable 接着 seal 方式、有効直径5 mm, sintered Ag/AgCl miniature skin electrode NT-611～5 U、日本光電社）および外側翼突筋と内側翼突筋は fine wire 電極（φ 50 μm, エム・ティ技研社）を用い双極誘導で行った。

3) 測定方法

測定⁵⁻⁸⁾はシールド室内に被検者を治療椅子に楽な姿勢で腰掛けさせ、フランクフルト平面が床と平行になるよう頭部を安頭台に軽く固定し、咬合力発現開始から指示した咬合力の大きさに達するまでの時間を200～220 msと規定して1.5秒間の垂直および前方方向クレンチングを行った。なお、垂直方向クレンチングとは、咬みしめる方向が下顎を垂直的に上方向へ引き上げるクレンチングとした。また前方方向クレンチングとは、咬みしめる方向が下顎を上顎前歯部方向へ引き上げるクレンチングとした。

被検者に対する垂直および前方方向クレンチング時の咬合力値の指定範囲の決定に際しては、被検者に垂直および前方方向クレンチングによる最大咬みしめ（以下、最大咬合力とする）をそれぞれ行わせ、この時の圧力センサ#1における最大出力電位を100%とした。そして、咬合力値の指定範囲は、75～100%、50～75%、25～50% および0～25%（以下、100% MC, 75% MC, 50% MC および 25% MC とする）の4段階とした。

被検者は指示された指定範囲に従い、トリガ波形と

角度計測項目

- 1. Ar-Go-Me: 下顎枝後縁と下顎下縁平面のなす角度
- 2. SN-MP: SN 平面に対する下顎下縁平面のなす角度
- 3. MM-OP: 咬合平面に対する咬筋浅部の走行方向を示す
- 4. MM-SN: SN 平面に対する咬筋浅部の走行方向を示す
- 5. SN-OP: SN 平面に対する咬合平面のなす角度
- 6. MP-OP: 下顎下縁平面に対する咬合面のなす角度

距離計測項目

- 7. Ar-Go: 下顎枝の長さ
- 8. AG-KR: 咬筋前縁線の長さ
- 9. CC⊥AG-KR: Condylar center から AG-KR におろした垂線の長さ (A)
- 10. CC⊥F: Condylar center から咬合力ベクトルにおろした垂線の長さ (B)

長さの割合

- 11. B/A: Condylar center から AG-KR におろした垂線の長さに対する咬合力ベクトルにおろした垂線の長さ

図 1 顎顔面形態の計測項目と咬合力の方向

表 1 顎顔面形態計測 11 項目の計測結果

	角度計測項目 (°)						距離計測項目 (mm)				長さの割合
	Ar-Go-Me	SN-MP	MM-OP	MM-SN	SN-OP	MP-OP	Ar-Go	AG-KR	CC⊥AG-KR	CC⊥F	B/A
mean	126.5	38.2	64.4	45.9	18.5	20.3	54.2	66.9	64.6	78.6	1.22
SD	8.9	2.4	5.5	3.4	5.5	5.6	4.0	5.8	2.6	2.4	0.03
CV (%)	7.0	6.3	8.5	7.4	29.7	27.6	7.4	8.7	4.0	3.1	2.5

圧力センサ #1 からの出力電位を咬合力指示装置 (CS-8010, Kenwood 社) のオシロスコープ上で確認しながら、各指定範囲で 10 回ずつ十分な間隔を置き、垂直および前方方向クレンチングを行った。

3. 分析

最大咬合力値、咬合力値とその方向および筋活動量の分析 (図 2) は、飯沼⁵⁾、飯沼ら⁶⁾および竹内⁶⁾の報告に従って、パーソナルコンピュータ (PC-9801) の CRT ディスプレイ上に再現された咬合力の出力電位および筋放電活動の波形から、パーソナルコンピュー

タの波形解析プログラム (ウェイブマスター II, カノーブス電子社) を用いた。

最大咬合力値、咬合力値およびその方向の分析は、圧力センサ出力電位曲線上の咬合力発現開始時 (M₁) から直線的な上昇傾向を示している 200 ms 後の上昇点 (M₂) における出力電位 (D₁) および圧力センサ出力電位の大きさが一定に持続されている部分の中央 200 ms 間 (T_i, 以下維持部とする) の出力電位 (D_i) を換算式⁶⁾に代入し行った。

筋活動量の分析は、咬合力発現開始時 (M₁) から上昇点 (M₂) までの間 (T_j, 以下上昇部とする) お

および維持部 (T_i) の筋放電活動 (E_j および E_i) を分析時間 (200 ms) で積分し、上昇部筋活動量と維持部筋活動量として求めた。そして、各被検者の 4 指定範囲の側頭筋、咬筋、外側翼突筋および内側翼突筋筋活動量をそれぞれの咬合力値で除した筋活動量 (以下、単位筋活動量とする) をそれぞれについて求めた。

1) 前方および垂直方向クレンチング時の最大咬合力値

各被検者の前方および垂直方向クレンチングの最大咬合力値を求め、垂直方向クレンチング時の最大咬合力値に対する前方方向クレンチング時のそれとの間で t -検定を行った。

M_1 : 咬合力発現開始時
 M_2 : 上昇点
 T_j : 上昇部 (200 ms)
 T_i : 維持部 (200 ms)
 D_j : 上昇点における電位差
 D_i : 維持部における電位差
 E_j : 上昇点における筋放電活動
 E_i : 維持部における筋放電活動

図 2 分析項目

2) 前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向

各指定範囲における咬合力の方向 (θ および ϕ) の平均値と標準偏差を求め、前方方向クレンチング時の咬合力の方向を指定範囲間で、前方方向クレンチング時の咬合力の方向と垂直方向クレンチング時のそれとの間で t -検定を行った。

3) 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量

各指定範囲における前方および垂直方向クレンチングの単位筋活動量の平均値と標準偏差を求め、前方方向クレンチング時の単位筋活動量を各指定範囲間で、また、前方方向クレンチング時の単位筋活動量と垂直方向クレンチング時のそれとの間で t -検定を行った。

III. 成 績

1. 前方および垂直方向クレンチング時の最大咬合力値

各被検者の前方および垂直方向クレンチングの最大咬合力値と t -検定を行った結果 (表 2), 前方方向クレンチング時の最大咬合力値の大きさが垂直方向クレンチング時のそれよりも有意に小さかった。

2. 前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向

前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向 (θ および ϕ) を求めた結果 (表 3~5), 上昇部と維持部ともに指定範囲が 25%MC から 100%MC に近づくに従い、両方向クレンチングともに咬合力の方向の垂直展開角 (θ) は大となる傾向であった。その角度差は、前方方向クレンチングの上昇部で 6.2° および維持部で 6.4° , 垂直方向クレンチングの上昇部で 3.9° および維持部で 2.5° であった。また、前方方向クレンチング時の垂直展開角 (θ) は、垂直方向ク

表 2 前方および垂直方向クレンチング時の最大咬合力値と t -検定結果

	前方方向クレンチング (kgf)		垂直方向クレンチング (kgf)		t-検定結果	
	上昇部	維持部	上昇部	維持部	上昇部	維持部
mean	40.5	42.9	46.6	50.1	+	+
SD	8.8	8.7	11.3	11.6		

注 +: 危険率 1% で有意差あり
 +: 危険率 5% で有意差あり
 -: 有意差なし

表 3 前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向

指定範囲	垂直展開角 (θ)				水平展開角 (ϕ)			
	前方方向クレンチング ($^{\circ}$)		垂直方向クレンチング ($^{\circ}$)		前方方向クレンチング ($^{\circ}$)		垂直方向クレンチング ($^{\circ}$)	
	上昇部	維持部	上昇部	維持部	上昇部	維持部	上昇部	維持部
100% MC	46.0(8.0)	48.4(7.3)	66.7(5.6)	67.9(5.7)	-1.2(2.9)	0.3(3.1)	-5.1(7.5)	-1.1(6.8)
75% MC	44.5(8.1)	46.1(7.8)	65.5(5.9)	66.7(7.2)	-1.8(3.6)	-1.5(2.9)	-5.9(6.3)	-3.9(5.5)
50% MC	41.0(7.2)	42.7(6.8)	63.3(7.4)	65.0(8.0)	-1.6(7.0)	-1.7(8.8)	-6.2(8.8)	-3.8(8.4)
25% MC	39.8(5.5)	42.0(6.7)	62.8(5.3)	65.4(4.6)	-1.4(7.4)	-2.1(8.8)	-5.5(7.4)	-2.3(7.5)

注: mean (SD)

表 4 前方方向クレンチング時の咬合力の方向の指定範囲間における t-検定結果

		100% MC vs 75% MC	100% MC vs 50% MC	100% MC vs 25% MC	75% MC vs 50% MC	75% MC vs 25% MC	50% MC vs 25% MC
上昇部	θ	-	-	-	-	-	-
	ϕ	-	-	-	-	-	-
維持部	θ	-	-	-	-	-	-
	ϕ	-	-	-	-	-	-

注: 表 2 注参照

ンチングのそれに比較して, 上昇部および維持部ともにすべての指定範囲で有意に小さかった。

3. 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量

前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量を求めた結果 (表 6~8), 上昇部および維持部ともに指定範囲が 25%MC から 100%MC に近づくに従い, 前方方向クレンチング時の側頭筋, 咬筋, 外側翼突筋および内側翼突筋の単位筋活動量は小さくなる傾向であった。垂直方向クレンチングでは, 側頭筋, 咬筋および内側翼突筋は大きく, 外側翼突筋は逆に小さくなる傾向であった。前方方向クレンチング時の単位筋活動量では, 垂直方向クレンチング時のそれと比較して上昇部および維持部ともに, 25%MC を除いた指定範囲で側頭筋は有意に小さく, すべての指定範囲で咬筋は同程度および外側翼突筋は有意に大きかった (表 9)。内側翼突筋は 25~50%MC で有意に大きく, 75~100%MC で大きい傾向であった。

IV. 総括および検討

下顎機能活動検索の一手段として咬合力の測定は, Borelli 以来現在に至るまで数多く行われてきた。最大咬合力の大きさについて, 一歯あるいは数歯連結し

表 5 前方方向クレンチングと垂直方向クレンチング時の咬合力の方向間の t-検定結果

		100% MC	75% MC	50% MC	25% MC
上昇部	θ	+	+	+	+
	ϕ	-	-	-	-
維持部	θ	+	+	+	+
	ϕ	-	-	-	-

注: 表 2 注参照

た報告⁹⁻¹¹⁾が行われている。しかし, 咬合力の大きさとその方向について, 検討を加えているものは数少ない^{5,6,8,12)}。飯沼ら⁸⁾は, Diaphragm 型圧力センサを用いた咬合力三次元測定装置を開発した。飯沼⁹⁾および竹内⁹⁾はこれを用いて咬合力の三次元測定を行い, 飯沼は, Normal face 群に含まれる被検者に垂直方向クレンチングを行わせた結果, 咬合力の方向は矢状面的に咬合平面に対し垂直ではなく, 前方に 15~30° 傾斜していたと報告している。しかし, 咀嚼機能時の咬合力は多方向に発現しているため, 顎顔面形態と下顎の機能運動との関連性を明らかとするためには, 偏心方向へのクレンチングについても検討する必要がある。

そこで本研究は, Normal face 群の垂直方向クレンチングで検討を行った飯沼⁹⁾と同一被検者 8 名を対象として, クレンチング方向の変化が咬合力値とその方向, 咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響を検討することとした。

表 6 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量（上昇部）

指定範囲	前方方向クレンチング				垂直方向クレンチング			
	側頭筋	咬筋	外側翼突筋	内側翼突筋	側頭筋	咬筋	外側翼突筋	内側翼突筋
100% MC	0.168(0.078)	0.457(0.119)	0.899(0.587)	0.810(0.295)	0.702(0.243)	0.466(0.132)	0.111(0.063)	0.614(0.132)
75% MC	0.161(0.056)	0.412(0.136)	1.170(0.788)	0.902(0.399)	0.606(0.134)	0.443(0.117)	0.168(0.166)	0.603(0.113)
50% MC	0.190(0.064)	0.424(0.133)	1.846(1.475)	0.945(0.393)	0.438(0.100)	0.451(0.101)	0.186(0.128)	0.597(0.115)
25% MC	0.285(0.132)	0.481(0.214)	2.458(2.008)	1.133(0.337)	0.276(0.122)	0.427(0.134)	0.218(0.159)	0.599(0.148)

注：mean (SD)

unit：mV・ms/kgf

表 7 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量（維持部）

指定範囲	前方方向クレンチング				垂直方向クレンチング			
	側頭筋	咬筋	外側翼突筋	内側翼突筋	側頭筋	咬筋	外側翼突筋	内側翼突筋
100% MC	0.234(0.134)	0.430(0.109)	0.693(0.527)	0.746(0.185)	0.916(0.118)	0.552(0.235)	0.188(0.088)	0.627(0.279)
75% MC	0.146(0.046)	0.391(0.123)	0.813(0.639)	0.767(0.239)	0.732(0.126)	0.481(0.172)	0.138(0.083)	0.570(0.175)
50% MC	0.180(0.077)	0.355(0.117)	1.008(0.797)	0.814(0.229)	0.448(0.151)	0.400(0.089)	0.152(0.093)	0.511(0.088)
25% MC	0.276(0.112)	0.430(0.157)	1.425(1.079)	0.967(0.174)	0.285(0.166)	0.339(0.104)	0.179(0.126)	0.460(0.087)

注：mean (SD)

unit：mV・ms/kgf

表 8 前方方向クレンチング時の単位筋活動量の指定範囲間における t-検定結果

被検筋	100% MC vs 75% MC	100% MC vs 50% MC	100% MC vs 25% MC	75% MC vs 50% MC	75% MC vs 25% MC	50% MC vs 25% MC
上昇部 側頭筋	—	—	+	—	+	—
咬筋	—	—	—	—	—	—
外側翼突筋	—	—	—	—	—	—
内側翼突筋	—	—	—	—	—	—
維持部 側頭筋	—	—	—	—	+	—
咬筋	—	—	—	—	—	—
外側翼突筋	—	—	—	—	—	—
内側翼突筋	—	—	+	—	—	—

注：表 2 参照

表 9 前方方向クレンチングと垂直方向クレンチング時の単位筋活動量間の t-検定結果

被検筋	100% MC	75% MC	50% MC	25% MC
上昇部 側頭筋	+	+	+	—
咬筋	—	—	—	—
外側翼突筋	+	+	+	+
内側翼突筋	—	—	+	+
維持部 側頭筋	+	+	+	—
咬筋	—	—	—	—
外側翼突筋	+	+	+	+
内側翼突筋	—	—	+	+

注：表 2 参照

1. 前方および垂直方向クレンチング時の最大咬合力値

最大咬合力については、これまで数多くの報告が行われている^{9-11,13,14)}。長谷川¹³⁾は、第 1 大臼歯での顎間距離を変化させ最大咬合力を測定した結果、その顎間距離が 6~17 mm 時に最大値 65~87 kg を示したと報告している。また、平林¹⁴⁾は、金属床を用いた装置で測定した結果、開口量 4.4~15.5 mm 時に最大咬合力が 73.7~107.5 kg であったと報告している。しかし、これらの報告は、その咬合力の方向性について詳細に記載していない。一方本研究は、前歯部開口量約 10 mm で測定した結果（表 2）、垂直方向クレンチング時の最大咬合力値は 35.2~65.5 kgf、前方方向クレンチング時は 31.1~58.9 kgf であり、同じ第 1 大臼歯部で測定した長谷川の報告¹³⁾と近似し、全歯で測

定した平林の報告¹⁴⁾よりやや小さかった。このようにこれらの値は、研究者により、開口量、測定歯数および部位などによる相違が挙げられる。また、その値に個人差が生ずるのは、咬合力発現への咀嚼筋の収縮力、発現の場となる顎顔面形態の影響などが考えられる。

前方方向クレンチング時の最大咬合力値について検討したものは、著者の知る範囲では認められない。内田¹⁵⁾は、等尺性前方押し出し力の発現に関する筋電図学的研究を行った結果、中心咬合位付近での最大随意前方押し出し力は、6.5~10.0 kgfであったと報告している。この値は、クレンチングによるものではないため、直接比較することは不可能であるが、本研究の結果に比べ小であった。

本研究において、前方方向クレンチング時の最大咬合力は、垂直方向クレンチング時のそれに比べ、有意に小であった(表2)。これは、咬合力発現の主体¹⁶⁾であるとされる咬筋浅部(MM-OP)の走行方向が64.4°と垂直方向クレンチング時の垂直展開角(θ)と近似し、また咬筋の筋放電活動も活発である⁹⁾のに対し、前方方向クレンチング時の最大咬合力の方向が、垂直方向クレンチング時のそれより約20°前方へ傾斜しているために、筋放電活動によるエネルギーを咬合力へ転化する効率性が低下していることも原因の一つと推察される。

2. 前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向

前方方向クレンチング時の咬合力の方向の垂直展開角 θ (表3~5)は、上昇部と維持部ともに指定範囲が25%MCから100%MCに近づくに従い、垂直方向クレンチング時と同様に、大きくなる傾向であった。前方方向クレンチング時の θ は、100%MCと25%MCとの間に上昇部6.2°および維持部6.4°の角度差を認め、垂直方向クレンチングに比べ、約2倍大きい傾向であった。

前方方向クレンチング時の θ は39.8~48.4°であり、垂直方向クレンチング時に比べて17.7~23.4°前方に傾斜しており、両方向クレンチング時の θ 間には各指定範囲間におけるt検定の結果、有意差を認めた。

これらの結果のごとくに、前方方向クレンチング時の θ は、垂直方向クレンチング時のそれに比較して、25%MCから100%MCへと咬合力の大きさが大とな

るに従い、2倍程度大となり、咬合力ベクトルにおける垂直成分の割合が大きくなっていることが明らかとなった。この原因としては、咀嚼筋間における筋力のバランスが、咬合力の大きさによって、変化しているためと考えられる。垂直方向クレンチング時の θ は、咬合力発現の主体とされている咬筋の筋線維走行¹⁷⁾と近似しているため、咬筋が咬合力の方向を主に決定しているものと推察され、他の咀嚼筋による影響は小さい^{5,6)}。しかし、前方方向クレンチング時では咬合力発現の主体である咬筋に加え、外側翼突筋の働きが大である¹⁸⁾ことを考慮すると、その咬合力の方向は、両筋あるいは他の咀嚼筋との筋力バランスのもとに決定されていると考えられる。その結果として、前方方向クレンチング時では、垂直方向クレンチング時に比べ、 θ の角度差が各指定範囲間で大となったのもうなずける。また、両方向クレンチング時の咬合力ベクトルの垂直成分の割合がともに100%MCで大となり、咬筋の走行方向により近似したことは、咬筋あるいは咬筋とほぼ同様な筋線維走行を示す内側翼突筋¹⁸⁾の働きを示すものと考えられ、咬合力発現の主体としての両筋の役割を裏付けるものとなった。

咬合力の大きさの制御には、歯根膜、咀嚼筋の筋紡錘および顎関節に存在する感覚受容器¹⁹⁾があり、咬合力の方向の制御にもこれらが関与していると推察される。本研究の結果では、咬合力値が大きくなるに従って前方方向クレンチング時の咬合力の方向(θ)の角度差は、垂直方向クレンチング時のそれに比較して大となり、標準偏差も大であった。この結果を考慮すると、咬合力の方向の決定に関与する種々のレセプタの役割は、クレンチング方向が前方方向に変化すると、その制御能力は低下することが明らかとなった。このことは、咀嚼筋の筋紡錘の数について研究した結果、側頭筋において最も多く、次に咬筋、内側翼突筋で外側翼突筋が最も少なく、側頭筋の50分の1以下であったと報告したKubotaら²⁰⁾の報告を裏付けるものとなった。

前方方向クレンチング時の咬合力の方向の水平展開角 ϕ は(表3~5)、ほぼ正中方向を示し、上昇部と維持部ともにすべての指定範囲で、垂直方向クレンチング時のそれと比較して、同程度であった。咀嚼運動においては、習慣性咀嚼側の存在あるいは咀嚼筋の左右不均衡²¹⁾がいわれているが、本研究からはそのような所見は認められなかった。

3. 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量

本研究においても最大咬合力の大きさへの個体差の影響を小さくするために、飯沼⁵⁾と同様に垂直および前方方向クレンチングによる筋放電活動の観察には単位筋活動量⁸⁾を用いることとした。

側頭筋では、前方方向クレンチング時の単位筋活動量は、垂直方向クレンチング時のそれとは逆に咬合力の指定範囲が25%MCから100%MCと大きくなるに従い、小さくなる傾向であった(表6~9)。Woodら²²⁾は、前方方向クレンチング時に側頭筋前部の筋放電活動はほとんど認めなかったとしており、菊地ら¹²⁾は、咬合力ベクトルの方向をフランクフルト平面に垂直な前頭面に対して前後的に後方10°から前方10°および30°へと変化させた結果、咬合力の方向が前方へと傾向するに従い側頭筋前部の積分筋放電活動量は減少したと報告しており、本研究とも同様の結果であった。さらにこの報告を加味すると、側頭筋前部の働きは咬合力発現に主に関与するより、下顎位の安定などの補助的な働きであろう。前方方向クレンチング時の単位筋活動量は、垂直方向クレンチング時のそれと比較した結果、25%MCにおいてはほぼ同程度の値を示したものの、その他の3指定範囲においては、約1/4~1/2の単位筋活動量で有意に小さかった。

咬筋および内側翼突筋では、前方方向クレンチング時の単位筋活動量は垂直方向クレンチング時のそれとは逆に咬合力値の増加に伴い小さくなる傾向であった(表6~9)。飯沼⁵⁾は、垂直方向クレンチング時の咬筋および内側翼突筋筋活動量と咬合力の大きさは、有意な高い正の相関を認め、その相関曲線は直線的であったとしている。この報告のように等尺性収縮における筋力と筋活動量との比例関係は、四肢筋²³⁾および閉口筋¹⁶⁾で明らかにされている。また、この比例関係が成り立つことは、運動の主働筋としての役割を意味する²⁴⁾。また荻野ら²⁵⁾は、咬筋と内側翼突筋との筋線維数および筋線維の太さなどの筋線維構成が近似していたと報告している。これらのことを考慮するならば、前方方向クレンチング時の咬筋浅部と内側翼突筋は、垂直方向クレンチング時と同様に咬合力発現の主体として共同して機能していると考えられる。特に、内側翼突筋では、咬筋に比較して、前方方向クレンチング時の単位筋活動量が、垂直方向クレンチング時のそれよりも大きく、25%MCおよび50%MCで有意差を認めた。前方方向クレンチング時の最大咬合力値

が、垂直方向クレンチング時のそれに比べ有意に小であるにもかかわらず、前方方向クレンチング時の単位筋活動量は大きくなった。この原因としては、内側翼突筋の筋線維走行方向は、咬筋浅部とほぼ一致し、筋全体が同一の走行方向を示す^{19,25)}のに対し、咬筋のそれは浅部および深部で異なった筋線維走行および機能を示し、特に前方方向クレンチング時に下顎位の安定などの補助的役割も少なからず果たしているものと推察され、これを補うように内側翼突筋の活発な活動が認められたと考えられる。しかも、この働きは咬合力が比較的小さな段階において、顕著であると推察される。この点についてErikssonら²⁶⁾は、筋線維タイプから内側翼突筋後部では速収縮性の筋線維の比率がやや高く、逆に咬筋前部では持続性の筋線維の比率が高いと報告しており、本研究はこの所見を支持する結果となった。

外側翼突筋では、前方方向クレンチング時の単位筋活動量は、垂直方向クレンチング時のそれと同様に小さくなる傾向であった(表6~9)。前方方向クレンチング時の単位筋活動量は、垂直方向クレンチング時のそれに比べ増加を認めた。Woodら²²⁾およびGionhakuら²⁷⁾は、垂直方向クレンチング時に外側翼突筋の筋放電活動はあまり認められず、前方方向クレンチング時に活発な筋放電活動を認めたと報告している。また、内田¹⁵⁾は、外側翼突筋が前方押し出し運動の主働筋であると報告している。しかし今までに、咬合力の大きさの変化による筋放電活動様相についての報告は、認められない。本研究の結果からも、前方方向クレンチング時に、外側翼突筋が活発に筋放電活動を行っていることが認められた。しかし、その単位筋活動量は、咬合力の大きさの増加に伴い、逆に減少する傾向であった。これは、垂直方向クレンチング時の外側翼突筋においても認められ、咬合力発現の主働筋でなく、下顎の前方移動に主に働いたためとも考えられる。

以上のことから、前方方向クレンチング時の咬筋、外側翼突筋および内側翼突筋では、垂直方向クレンチング時のそれらに比べ、いずれの指定範囲においても活発な筋放電活動が認められ、特に外側翼突筋では著明であり、側頭筋前部とは異なる結果であった。これらの結果を考慮すると、側頭筋前部と外側翼突筋は、垂直方向クレンチングから前方方向クレンチングへとクレンチングの方向が前方へ変化することにより、相反する活動様式を示すことが明らかとなった。さら

に、前方位にて早期接触が存在し、ブラキシズムなどの非生理学的下顎機能運動が行われた場合、その際発現される外側翼突筋の筋活動量は大きく、スパズムを生じる結果、筋の異常緊張が顎関節部の疼痛を招くことが十分予想される。

V. 結 論

正常咬合者の顎顔面形態をその形態的特徴により分類した結果、Normal face 群に含まれた健常有歯顎者を対象に、クレンチング方向の変化が、咬合力値とその方向、咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響を検討し、以下の結論を得た。

1. 前方および垂直方向クレンチング時の最大咬合力値

前方方向クレンチング時の最大咬合力値の大きさは、垂直方向クレンチング時のそれよりも有意に小さかった。

2. 前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向

前方および垂直方向クレンチング時の咬合力の方向(θ)は、上昇部と維持部ともに指定範囲が25%MCから100%MCに近づくに従い大となる傾向であった。

前方方向クレンチング時の咬合力の方向(θ)は、垂直方向クレンチングのそれに比較して、上昇部および維持部ともにすべての指定範囲で有意に小さかった。

3. 前方および垂直方向クレンチング時の単位筋活動量

前方方向クレンチング時の単位筋活動量は、垂直方向クレンチング時のそれと比較して上昇部および維持部ともに、25%MCを除いた指定範囲で側頭筋は有意に小さく、すべての指定範囲で咬筋は同程度であり、また外側翼突筋は有意に大きかった。内側翼突筋は25~50%MCで有意に大きく、75~100%MCで大きい傾向であった。

文 献

1) 河村洋二郎：口腔生理学, 158~181, 永末書店, 京都, 1979.

- 2) 加藤 焔：歯の動揺度(中)一臨床的ならびに基礎的な歯周組織の力学的研究一, 歯界展望, 48: 679~691, 1976.
- 3) 加藤 焔, 石田哲彦：歯の動揺度(下)一臨床的ならびに基礎的な歯周組織の力学的研究一, 歯界展望, 48: 855~870, 1976.
- 4) Brehnan, K., Boyd, R.L., Laskin, J. et al: Direct measurement of loads at the temporomandibular joint in macaca arctoides, J Dent Res, 60: 1820~1824, 1981.
- 5) 飯沼利光：顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について III-1. Normal face 群の垂直方向クレンチング, 補綴誌, 35: 527~541, 1991.
- 6) 竹内康司：顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について IV-1. Short face 群の垂直方向クレンチング時の咬合力の方向, 補綴誌, 36: 542~550, 1992.
- 7) 竹内康司, 飯沼利光, 森谷良彦ほか：顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について I. 顎顔面形態の分析, 補綴誌, 35: 281~289, 1991.
- 8) 飯沼利光, 祇園白仁心, 森谷良彦ほか：顎顔面形態が咬合力と咀嚼筋筋放電活動に及ぼす影響について II. 咬合力三次元測定装置, 補綴誌, 35: 366~380, 1991.
- 9) 三浦不二男, 角田正明：咬合圧(咀嚼圧)に関する研究, 日歯医師会誌, 7: 293~298, 1954.
- 10) 高見沢忠：健全永久歯の相対咬合力および個歯咬合力に関する研究, 補綴誌, 9: 217~263, 1965.
- 11) 前田佳英：咀嚼筋力の作用機構と咬合力発現機構とに関する実験的研究, 歯科学報, 73: 434~461, 1973.
- 12) 菊地雅彦, 服部佳功, 渡辺 誠：三次元咬合力と咀嚼筋 EMG の動態, 顎機能, 8: 111~118, 1990.
- 13) 長谷川誠：咀嚼筋作業能に関する補綴学的研究, 歯科学報, 64: 106~147, 1964.
- 14) 平林健彦：種々な顎位における咬合力に関する研究, 補綴誌, 18: 337~360, 1975.
- 15) 内田慎爾：下顎の等尺性前方および側方力の発現に関する筋電図学的研究, 補綴誌, 34: 480~491, 1990.
- 16) 野本種邦, 富田汪助：咬合力と咀嚼筋筋電図との関係 第一報 棘波数計測・電位累積装置による研究, 補綴誌, 19: 641~646, 1976.
- 17) Takada, K., Lowe, A.A. and Freund, V.K.: Canonical correlations between masticatory muscle orientation and dentoskeletal morphology in children, Am J Orthod, 86: 331~341, 1984.
- 18) Baron, P. and Debussy, T.: A biomechanical analysis of the masticatory muscles in man, Arch Oral Biol, 24: 547~553, 1979.
- 19) 山本克之, 泉田一蔵, 田島直孝ほか：総義歯装着者の咀嚼筋筋電図に関する経時的研究 第三報 咀嚼運動中における silent period の持続時間と発現頻度について, 補綴誌, 27: 20~31, 1983.
- 20) Kubota, K. and Masegi, T.: Muscle spindles supply to

- the human jaw muscle, *J Dent Res*, 56 : 901~909, 1977.
- 21) 石井弘二：顎口腔機能の左右不均衡と顎顔面形態および身体重心との関連性に関する研究，*阪大歯学誌*, 35 : 517~566, 1990.
- 22) Wood, W.W., Takada, K. and Hannam, A.G. : The electromyographic activity of the inferior part of the human lateral pterygoid muscle during clenching and chewing, *Arch Oral Biol*, 31 : 245~253, 1986.
- 23) Lippold, O.C.J. : The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension, *J Physiol*, 117 : 492~499, 1952.
- 24) 谷井克則：等尺性筋収縮形態における発揮しやすい筋力，*労働科学*, 57 : 93~100, 1981.
- 25) 荻野邦洋, 佐藤 亨：ヒト内側翼突筋の筋線維構成について，*歯学*, 76 : 1041~1058, 1988.
- 26) Eriksson, P.O. and Thornell, L.E. : Histochemical and morphological muscle-fiber characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscles, *Arch Oral Biol*, 28 : 781~795, 1983.
- 27) Gionhaku, N., Hannam, A.G. and Wood, W.W. : Lateral pterygoid muscle activity and Anterior bite force, *J Dent Res Abstracts*, 66 : 354, 1987.