骨格性下顎前突症患者における閉口筋 EMG

パワースペクトラム分析

—顎矯正手術前・後の比較—

中 村 康 宏 北 川 善 政* 松 下 文 彦
竹 内 啓 人 山 口 万 枝 式 守 道 夫
福 田 廣 志 橋 本 賢 二

EMG Power Spectral Analysis of Jaw-Closing Muscles in Patients with Mandibular Prognathism

—Comparison of Jaw Functions Before and After Orthognathic Surgery—

YASUHIRO NAKAMURA, YOSHIMASA KITAGAWA*, FUMIHIKO MATSUSHITA,
HIROHITO TAKEUCHI, KAZUE YAMAGUCHI, MICHIO SHIKIMORI,
HIROSHI FUKUDA and KENJI HASHIMOTO

Abstract : This study was conducted to compare pre-and post-surgical (mean 7.7 months) jaw functions in 18 patients (8 males and 10 females, mean age 23.1 years) with mandibular prognathism who underwent orthognathic surgery. Ten subjects (5 males and 5 females, mean age 26.1 years) were used as controls.

EMG power spectra and integrations of jaw-closing muscles (anterior temporal and masseter muscles) were analyzed during 10 tapping strokes and during 60 seconds of continuous maximum clenching in an intercuspal position.

1. Tapping

The integrations of EMG in temporal and masseter muscles were increased after orthognathic surgery as compared with those before surgery, but no significant differences were found.

The integrations of EMG in the patients before and after orthognathic surgery were both significantly lower as compared with the controls.

The median power frequencies (MPF) were lower, though not significantly, after orthognathic surgery as compared with those before surgery.

2. Continuous maximum clenching

The integrations of EMG in temporal and masseter muscles were increased after orthognathic surgery as compared with those before surgery, but no significant differences were found.

The integrations of EMG before and after orthognathic surgery were both significantly lower in the patients as compared with the controls.

MPF were lower after orthognathic surgery than before, but significant differences were not found.

浜松医科大学医学部歯科口腔外科学講座 (主任：橋本賢二教授)

* 福井医科大学医学部歯科口腔外科学講座 (主任：石井保雄教授)

Department of Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery, Hamamatsu University School of Medicine
(Chief: Prof. Kenji HASHIMOTO)

* *Department of Dentistry and Oral Surgery, Fukui Medical School* (Chief: Prof. Yasuo ISHII)

The EMG power spectral and integration analyses during muscle fatigue were very useful to evaluate the stomatognathic function in mandibular prognathism.

The results of this study suggested the necessity of carrying out long-term observation for the evaluation of the function corrected by orthognathic surgery.

Key words: mandibular prognathism (骨格性下顎前突症), electromyogram (筋電図), orthognathic surgery (顎矯正手術)

緒 言

骨格性不正咬合や顔面非対称などの顎顔面変形症の成因については、不明な点が多く、種々の要因のうち機能的な影響も強く受けていると思われる¹⁻³⁾。われわれは、顎顔面変形症（骨格性下顎前突症）患者に持続的・最大かみしめを行わせ、咀嚼筋（咬筋、側頭筋）の疲労過程において、筋線維タイプ分布や発火頻度と関連があるといわれている EMG パワースペクトラムと筋活動量について解析し、報告した⁴⁾。

今回、顎顔面変形症の機能的な成因を調べるために、EMG パワースペクトラムと筋活動量について同一の方法で顎矯正手術前と術後で比較をしたので報告する。

対象および研究方法

対象

対象は、当科で顎顔面非対称を伴わない骨格性下顎前突症と診断され、顎矯正手術として両側下顎枝矢状分割術（Obwegeser-Dal Pont 法に準ず）を行い、Miniplate で骨片固定を行った18名（以下、P群）。内訳は男性8名、女性10名で、年齢は16歳から35歳、平均年齢は23.1歳であった。後方移動量は、左右ともに平均7mmであった。全て術前・術後の歯科矯正治療を受けており、Miniplate による骨片固定期間は、5か月から13か月で、平均7.7か月であった。

対照は、顎機能に異常を認めず、個性正常咬合を有する10名（以下、C群）。内訳は男性5名、女性5名で、年齢は21歳から34歳、平均年齢は26.1歳であった。

研究方法

1. 筋電図誘導法：被験者をヘッドレストのない椅子に座らせ、フランクフルト平面が床と平行

になるようにし、リラックスした状態で前方を直視させた。筋電図誘導部位は、左右咬筋中央部および側頭筋前部筋束とし、この部位の皮膚表面をアルコール綿で清拭後スクラブクリームで清掃、脱脂した。直径10mmのAg-AgCl皿型表面電極にカルディオクリーム（日本光電社製）をつけ、電極中心間距離25mmで筋線維の走行と平行に貼付、双極誘導法により導出し、日本光電社製・多用途計測記録装置（RM-6000）を用いて増幅した。筋電計は時定数を0.03秒とした。なお、不関電極は前額部に設置した。

2. 測定方法

(1) Tapping：被験者に規則的なTappingを行わせ、そのうち安定した10ストロークを検討した。

(2) 持続的・最大かみしめ：最大かみしめを60秒間行わせ、5秒間を1区間として12区間に分け、1区間おきの6区間について経時的な変化を測定した。

3. 分析方法

筋電図データは、多用途生体情報解析プログラム（BIMUTAS-E；キッセイコムテック社製）を用いて解析し、その積分値および周波数中央値（Median Power Frequency；以下MPF）を測定し、左右の平均値を分析した。サンプリングレートは1,000Hzとし、5Hzのハイパスフィルターを使用、ウィンドウはハニングを用いた。検定はt検定で行った。

4. 測定時期

術前歯科矯正治療終了後で、顎矯正手術直前に測定したものを術前とし、骨片固定を行ったMiniplate除去直前に測定したものを術後とした。

結 果

今回、術後5・6か月の者と術後12・13か月の

Fig. 1 Integration of EMG during tapping.
 M.M.: masseter muscle, T.M.: temporal muscle
 Pre Ope: mandibular prognathism (Before orthognathic surgery)
 Post Ope: mandibular prognathism (After orthognathic surgery)
 Error-bar indicates standard error.

者で比較したところ有意差は認められなかったもので、これらを術後として一括して扱った。

1. Tapping 時

(1) 積分値

P群の咬筋・側頭筋の積分値は、C群と比較すると術前・術後共に低値を示し、有意差を認めた。術前・術後で比較すると、咬筋・側頭筋共に有意差は認めなかったが、術後は術前を上回る傾向を示した (Fig. 1)。

(2) 周波数分析

MPF を比較すると、咬筋・側頭筋共にP群は術前やや低値であったがほぼ同じでありC群と有意差を認めなかった。しかし、術後は側頭筋はほぼ同じであるが、咬筋では低下しC群と有意差を認めた。術前・術後で比較すると、有意差は認めなかったが、術後咬筋で低下する傾向を示した (Fig. 2)。

2. 持続的最大かみしめ時

(1) 積分値

①咬筋: 咬筋積分値の経時的変化を示すが、C群は、区間1から区間6まで経時的に漸減し、筋の疲労を示していると考えられた。P群は術前・術後共にC群と比べ著明に低値を示し、全ての区間において有意差が認められた。また傾きが緩やかであった。術前・術後で比較すると、有意差は認めなかったが、術後全ての区間で術前を上回る傾向を示した (Fig. 3)。

②側頭筋: 咬筋とほぼ同様であり、P群ではC

Fig. 2 MPF of masticatory muscles EMG during tapping.
 MPF: median power frequency
 Error-bar indicates standard error.

Fig. 3 Integration of masseter muscles EMG during continuous maximum clenching.

Fig. 4 Integration of temporal muscles EMG during continuous maximum clenching.

群と比べ術前・術後共に著明に低値を示し、全ての区間において有意差が認められ、傾きも緩やかであった。術前・術後で比較すると、有意差は認めなかったが、術後全ての区間で術前を上回る傾向を示した (Fig. 4)。

(2) 周波数分析

①咬筋: MPF はいずれも経時的に低周波数域にシフトした。P群は術前・術後共に低値を示し、術後の区間1・2・3でC群と比べて有意差が認められた。術前・術後で比較すると、有意差は認

Fig. 5 MPF of masseter muscles EMG during continuous maximum clenching.

Fig. 6 MPF of temporal muscles EMG during continuous maximum clenching.

めなかったが、術後は全ての区間において術前を下回る傾向を示した (Fig. 5)。

②側頭筋: 咬筋と同様、MPF は経時的に低周波数域にシフトし、P群は術前・術後共に低値を示し、全ての区間でC群と比べて有意差が認められた。術前・術後で比較すると、有意差は認めなかったが、術後は術前を下回る傾向を示した (Fig. 6)。

考 察

従来より顎顔面変形症患者の咀嚼筋機能の検索に表面筋電図法が利用されている⁵⁾。EMG 分析のパラメータとして、筋放電の振幅⁶⁾、積分値^{7,8)}、咀嚼筋の協調性、放電パターン⁵⁾、リズム^{6,7,9)}、Silent period¹⁰⁾ などのパラメータが用いられている。さらに最近では、振動現象の解析法としてのパワースペクトラム分析についての研究も注目されている^{4,11-13)}。

われわれは前回、正常咬合者10名と下顎前突症患者10名について左右咬筋・側頭筋の EMG パ

ワースペクトラムと筋活動量について解析した⁴⁾。

その結果、持続的最大かみしめ時の積分値は下顎前突症群では正常咬合者と比較して有意に低下しており、下顎前突症患者では顎機能が障害されていることが示唆された。これは、北川ら^{14,15)}の顎顔面変形症における咬筋の組織化学的検索による Type 2 A + Type 2 B 線維の比率が低下し萎縮しているという所見と一致していた。周波数分析では、正常咬合者の MPF は、咬筋・側頭筋共に経時的に低周波数域へシフトすることが観察されたが、下顎前突症群では、個々のデータでは MPF が経時的に増加したり、大きく低周波数域にシフトするもの等の異常所見が認められた。このことから、筋疲労時の積分値やパワースペクトラム分析は顎変形症の機能的評価に有用な方法であると考えられたため、今回は同一の方法で対象を18名に増やして研究を行い、顎矯正手術前と術後の比較を中心に分析、検討した。

Tapping 運動は、咬頭嵌合位への連続的な下顎開閉運動で、重要な下顎運動の1つであり E-MG 分析のパラメータとして用いられている。しかし、咀嚼運動が無意識的な運動であるのに対し、Tapping 運動は意識した運動である度合いが強く、そのため被験者の下顎運動の調節機能が直接結果に影響すると考えられている¹⁶⁾。また、下顎前突症患者では咬合接触面積が少なく¹⁷⁾、重度の咬合不全を呈している場合もある。また、咬合力・リズムを一定にすることは難しく、再現性に欠けており、長期間で比較する方法としてはあまり適切ではないと考えられる。しかし、有意差は認められなかったが、Tapping 時の術後の積分値は術前を僅かに上回り、術後の MPF は術前を僅かに下回るという結果は持続的最大かみしめ時と同様であり、顎機能を評価する時、Tapping 運動は持続的最大かみしめとあわせて EMG 分析のパラメータとして有用であると考えられた。

持続的最大かみしめは、咀嚼筋の等尺性収縮を引き起こし、咀嚼筋の筋活動レベルを亢進させる方法である。持続的最大かみしめという負荷を与えることにより EMG 上で、易疲労性・筋の効率・筋活動亢進のレベルをみることが出来る¹⁶⁾。一般に筋疲労に伴い EMG パワースペクトラム

は低周波数域にシフトすると報告されている¹⁸⁾。持続的的最大かみしめ時の活動量は、運動単位の量を反映したものであり、咬合力と筋活動量は咬筋、側頭筋で直線相関があると言われている^{19,20)}。

顎矯正手術前・術後の比較では、小坂⁵⁾は最大振幅電位を、谷本⁷⁾は咀嚼リズムと筋活動量を、高橋⁶⁾は咀嚼リズムと最大振幅電位を、廣瀬⁸⁾は咬筋積分値を調べ、術後は正常咬合者の値に近づいたと報告している。また、小林¹⁷⁾は感圧フィルムを用いて顎変形症患者の術前・術後の咬合力や咬合接触面積を検討し、術前の顎変形症患者の咬合力および咬合接触面積は正常咬合者に比べ有意に低下しており、顎口腔系の生理的機能を正常に営むための基本となる咬合が顎変形症患者では形態的にも機能的にも不調和で劣っていることを裏付けのものであったとし、咬合力は術後6か月で術前値を上回り、術後1年で術前値の約2倍を示し、咬合接触面積は術後9か月で術前値を上回り、術後1年で術前値の約2倍を示したと報告している。広瀬ら²²⁾はチューインガムによる咀嚼能力で、根岸²¹⁾は最大かみしめ時の咬合力と咬合接触面積について、術後正常咬合者と同じ値になったと報告している。宮坂²³⁾は術後経年的に筋活動電位が上昇し、咀嚼筋の協調性が向上したと報告している。

本研究で術後の測定時期は、骨片固定した Miniplate 除去術による外科的侵襲の影響を避けるため、Miniplate 除去直前の術後5か月から13か月、平均7.7か月で、すべて術後歯科矯正治療中(動的処置中)であった。この条件で、術後の持続的的最大かみしめ時の積分値は咬筋・側頭筋ともにすべての区間で術前を上回ったが、有意差は認められず、また依然として正常咬合者と比べれば有意に低下したままであり、今までに報告されているように正常咬合者の値に近づき有意差がなくなった訳ではない。これは術後の測定時期に問題があると思われ、積分値は術後12か月以降、更に長期間後に測定し、比較・検討する必要があると考えられた。

また、Miniplate 除去術による外科的侵襲の影響について触れている研究は見当たらず、術後歯科矯正治療との関連も強いと考えられる。Mo-

ss²⁴⁾ は保定期間中に筋活動が高まってくると報告していることから、術後歯科矯正治療の進行程度も考慮に入れる必要があると考えられた。

持続的的最大かみしめに伴う周波数分析については、本研究の正常咬合者でも咬筋・側頭筋共に経時的に MPF は低周波数域へシフトすることが観察された。筋肉が疲労すると高周波成分が減少し、低周波成分が増大して、パワースペクトルは低周波域に移動することが知られている²⁵⁾。

このメカニズムは 1) 筋線維の伝導速度の低下²⁶⁾、2) 疲労に伴う大きな運動単位の動員²⁷⁾、3) 運動単位の同期化²⁸⁾にあると考えられている。

柴田²⁹⁾は術後の EMG パワースペクトル・ピーク周波数について、術前よりも一般に小さな値を示し、特に下顎枝矢状分割群の作業側側頭筋において術後著明な低下がみられたと報告し、丸山ら¹²⁾は、術後6か月の EMG パワースペクトル・ピーク周波数の低下はすべての被験者で認められ、術後1年でも低下している状態が続いていたと報告している。

本研究でも Tapping, 持続的的最大かみしめ時のいずれでも、術後の MPF は術前より低下していた。この様に、パワースペクトルの主体が顎矯正手術後低周波数域に移動する理由は明確にされていないが、顎矯正手術により咬合状態が安定し、最大かみしめ時に咬合力が増加するため、活動電位の duration が長い運動単位の活動が主体となり、運動単位が低い周波数域で同期してくるためであると推測する報告¹²⁾もある。

以上より、われわれが行った持続的的最大かみしめにより実験的に筋疲労をおこさせ、パワースペクトラムや積分値の経時的推移を分析する方法は、顎変形症の機能的評価に有用な方法であると考えられたが、術後の評価は更に長期間行い、正常咬合者と比べる必要があると思われた。

結 語

下顎前突症患者18名(男性8名、女性10名:平均年齢23.1歳)の顎矯正手術前と術後(平均7.7か月)で、左右咬筋・側頭筋の EMG パワースペクトラムと筋活動量について解析し、比較した。

1) Tapping 時

①積分値：咬筋・側頭筋共に術後は術前をやや上回ったが有意差は認められず、正常咬合者と比べると依然として有意に低下していた。

②周波数分析：咬筋・側頭筋共に術後は術前を下回ったが有意差は認められなかった。術後の咬筋では正常咬合者と比べると有意に低下していた。

2) 持続的的最大かみしめ時

①積分値：咬筋・側頭筋共に術後は術前をやや上回ったが有意差は認められず、正常咬合者と比べると依然として有意に低下していた。

②周波数分析：MPF は咬筋・側頭筋共に術後は術前を下回ったが、有意差は認められなかった。正常咬合者と比較すると、側頭筋では有意に低下した。

3) EMG パワースペクトラムや積分値の分析は、顎変形症の機能的評価に有用な方法であると考えられたが、更に長期間にわたり観察し、正常咬合者と比べる必要があると思われる。

引用文献

- 1) Finn, R. A., et al.: Neuromuscular aspects of vertical maxillary dysplasias, in Bell, W. H., et al.: Surgical Correction of Dentofacial Deformities. Philadelphia, W. B. Saunders, Co. 1980, p 1712-1729.
- 2) Ingervall, B. F., et al.: Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles. J Oral Rehab 1: 131-147, 1974.
- 3) Boyd, S. B., et al.: Histochemical study of the masseter muscle in patients with vertical maxillary excess. J Oral Maxillofac Surg 42: 75-83, 1984.
- 4) 中村康宏, 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, 3: 53-62, 1993.
- 5) 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, 73: 715-748, 1973.
- 6) 高橋善男: 下顎枝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, 31: 53-64, 1985.
- 7) 谷本啓三: 両側下顎骨骨体部部分切除短縮術の筋電図学的研究. 日口外誌, 27: 357-368, 1981.
- 8) 廣瀬圭三, 他: 下顎枝矢状分割法の術後変化と咬筋筋活動量の経時的変化との関連について. 顎変形誌, 8: 239-241, 1989.
- 9) 川村 仁, 他: 顎矯正手術を適用した骨格型下顎前突症のチューインガム咀嚼に関する筋電図学的研究—4年以上経過例について—. 口科誌, 43: 543-550, 1994.
- 10) 向阪康彦, 他: 下顎前突症の手術前後における咀嚼筋筋電図波形についての研究. 顎変形誌, 2: 73-75, 1983.
- 11) 小笠原利行, 他: 下顎前突症におけるかみしめ時初期閉口筋筋電図パワースペクトラム分析について. 口科誌, 45: 455-461, 1996.
- 12) 丸山陽市, 他: 外科的矯正治療前後に対する咀嚼筋筋電図のパワースペクトラム分析. 日矯歯誌, 45: 250-259, 1986.
- 13) 萬代弘毅: 表面筋電図の周波数分析を用いた垂直的顔面骨格パターン別の咬筋機能の解析—成人女子について—. 日矯歯誌, 54: 64-79, 1995.
- 14) 北川善政, 他: 顎顔面変形症における咬筋の組織化学的研究. 一第1報: 女性例について—. 日顎変形誌, 1: 72-79, 1991.
- 15) 北川善政, 他: 顎顔面変形症における咬筋の組織化学的研究. 一第2報: 男性例について—. 日顎変形誌, 3: 31-41, 1993.
- 16) 石岡 靖, 他共著: 顎口腔機能分析の基礎とその応用—ME 機器をいかに臨床に活かすか—. 初版, 株式会社デンタルダイヤモンド社, 東京, 1991, 150-187頁.
- 17) 小林隆太郎: 顎矯正外科による咬合変化に関する研究. 日口外誌, 36: 2473-2490, 1990.
- 18) Palla, S., et al.: Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscles during fatigue. Arch. Oral Biol. 26: 547-553, 1981.
- 19) Ahlgren, J.: Mechanism of mastication, A quantitative cinematographic and electromyographic study of masticatory movements in children, with special reference to occlusion of the teeth, Acta Odontol Scand, 24 (Suppl. 44): 1-109, 1966.
- 20) 八木教之, 他: 咀嚼筋放電量と咬合力の関連性についての研究. 北海矯歯誌, 12: 1-10, 1984.
- 21) 根岸正志: 骨格性下顎前突症患者的咀嚼筋に関する筋電図学的ならびに組織化学的研究. 日口外誌, 40: 7-20, 1994.
- 22) 広瀬寿秀, 他: 不正咬合者の咀嚼能力と矯正治療による変化. 日矯歯誌, 51: 302-307, 1992.
- 23) 宮坂貴仁: 骨格性下顎前突症の外科的矯正治療後の咀嚼筋筋活動の変化. 口病誌, 62: 303-324, 1995.
- 24) Moss, J. P.: A Cephalometrical and electromyographic investigation of patients treated for the correction of mandibular prognathism and mandibular surgery only. Brit. J. Orthod 11: 59-68, 1984.
- 25) Kadefors, R., et al.: Dynamic spectrum analysis of myopotentials with special reference to muscle fatigue, Electromyography, 8: 39-74, 1968.
- 26) Merletti, R., et al.: Myoelectric manifestation of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions, J. Appl. Physiol. 69 (5): 1810-1820, 1990.
- 27) Morton, B.: Human motor unit activity during the onset of muscle fatigue in submaximal isometric isotonic contraction, Eur. J. Appl. Physiol.

- 46 : 271-281, 1981.
- 28) Person, R. S., et al. : Crosscorrelation of electromyograms showing interference patterns, Electroenceph. Clin. Neurophysiol. 25 : 58-68, 1968.
- 29) 柴田孝典 : 下顎前突症における顎運動機能に関する研究. 歯科学報, 81 : 241-265, 1981.