原 著

持続的噛みしめ時の胸鎖乳突筋活動の変化

—— 周波数分析を用いた検討 ——

山 澤 秀 彦

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第一講座（指導：相馬邦道教授）

(1997 年 12 月 8 日受付)

Electromyographic Power Spectral Analysis of Sternocleidomastoid Muscle during Sustained Voluntary Clenching

Hidehiko Yamasawa

The First Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Director : Prof. Kunimichi Soma)

The purpose of this study was to investigate the changes of the activity of the sternocleidomastoid (SCM) muscles during sustained voluntary clenching. Ten healthy male subjects without any occlusal functional problems were asked to clench as long as possible in the intercuspal position while keeping the electromyographic activity of the masseter muscle at the 50% maximum voluntary contraction. Frequency analysis was carried out by computer using a fast Fourier transform algorithm to obtain the power spectrum of the SCM muscle during the fatiguing process and the recovery process. The results were as follows :

1. Sustained activities of the SCM muscles were observed during sustained voluntary clenching.
2. The power spectra of the SCM muscles significantly shifted to a lower frequency as time elapsed.
3. The power spectra of the SCM muscles obtained three minutes after relaxation recovered to those of the beginning of clenching.

These findings indicated that muscle fatigue may be induced in the SCM muscle during sustained voluntary clenching and that electromyographic power spectral analysis can be used as a noninvasive, objective, and quantitative index of SCM muscle fatigue.

I. 緒 言

胸鎖乳突筋は、解剖学的には主として頭部を体幹に固定すると同時に、頭部の運動をつかさどる筋であると考えられている。近年、本筋が咀嚼時に閉口筋と協調した活動をするという現象が捉えられ、咀嚼などの咬合機能時における本筋の果たす役割というもの注目されはじめている¹⁻⁴⁾。

ところで、臨床的関心が寄せられている顎機能異常者において、咬筋や側頭筋といった咀嚼筋に症状がみられることは周知の事実であるが、胸鎖乳突筋にも症状がみられる頻度が高いことや咬合の治療によりその症状が改善されたといった臨床的事実も報告されている^{5,6)}。

このような顎機能異常に対して、これまで咀嚼筋を対象として、それらの症状の発現機序を明らかにしようといった基礎的な検討がなされてきている。すなわち、症

状である筋痛は筋疲労によって起こるものと考えられている⁷⁾ことから、まずそれらの疲労を定量的に捉えようと、筋が疲労する過程においてパワースペクトルが低周波域にシフトするという現象を利用した、それらの筋電図の周波数分析がなされてきている⁸⁻¹³⁾。しかしながら胸鎖乳突筋の症状発現に対する基礎的な検討、特に定量的な検討はほとんどなされていないのが現状である。

そこで、顎機能異常と胸鎖乳突筋の筋症状との臨床診断上の関連性を明らかにすることを前提とし、本研究では、まずその足がかりとして、正常者において噛みしめを持続させ、その際の胸鎖乳突筋活動の様相を観察し、さらにその時間経過に伴う変化を周波数分析を基に検討することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

個性正常咬合を有し、自覚的および他覚的に顎口腔系および頸肩腕部に異常の認められない成人男子 10 名(年齢: 25~30 歳, 平均年齢 27.9 歳)を被験者とした(表 1)。

2. 被験筋および記録方法

被験筋は両側の胸鎖乳突筋および咬筋とした。被験者をシールドルーム内のヘッドレスト, バックレストのない椅子にフランクフルト平面が水平になるように座らせ、電極間距離が 15 mm となるように, Ag-AgCl 皿状表面電極(日本光電社製, NE-155 A)を, 各筋の走行に平行に, ペーストを介してサージカルテープにて皮膚表面に装着し, 双極性に各筋筋電図を導出した。電極の貼

付位置は, 咬筋では中央部に, また胸鎖乳突筋では乳様突起下方 1 cm で, 前後的には中央とした。

導出した筋活動は, 生体電気用増幅ユニット(日本光電社製, AB-621 G)にて増幅した。設定条件は hum eliminator は使用せずに, high cut frequency 1 kHz, 時定数 0.03 s, 感度は 0.5 mV/div. とした。筋電情報を増幅した後, データレコーダー(TEAC 社製, SR-50, テープ速度 19 cm/s,)に記録した。また, サーマルアレイレコーダー(日本光電社製, RTA-1300)により紙送り速度 5 mm/sec にて記録を書き出した(図 1)。

3. 負荷条件について

試行に先立って, 中心咬合位における約 3 秒間の最大噛みしめを 3 回行い, そのときの咬筋筋電図の実効値(root mean square, 以下 RMS 値とする)の最大値を最大随意収縮強度(maximum voluntary contraction, 以下 MVC とする)として求めた。咬筋筋電図の RMS 値が最大噛みしめ時の 50% の値を 50%MVC とし, これを噛みしめ力の指標とした。被験者に, この 50%MVC による噛みしめを左右均等に, 可及的に長時間行わせ, 閉口筋に不快感あるいは疼痛が生じたり, 50%MVC を維持できなくなった時点で試行を終了とした。なお, 被験者にはブラウン管上に表示された咬筋の RMS 値をモニタリングさせて 50%MVC を可及的に一定に保つように指示した。

4. 分析方法

50%MVC による噛みしめを持続させた際の胸鎖乳突筋の筋活動の観察を行った後に, 以下のような定量的な分析を行った。

噛みしめを開始してから終了までの筋電図記録を 5 区間に分割し, 各区間の開始約 5 秒間(それぞれを T1, 2, 3, 4, 5 とした)(図 2)について分析を行った。さらに, 噛みしめ終了 1, 3, 5, 10 分後において 50%MVC によ

表 1 被験者の年齢および噛みしめ持続時間

subjects	age	time (s)
1	29	55.5
2	30	63.5
3	29	60
4	27	76
5	28	66
6	29	58
7	29	75
8	25	58
9	28	49
10	25	86
mean	27.9	64.7
S. D.	1.73	11.2

図 1 記録および分析のブロックダイアグラム

図2 50%MVC 噛みしめ時における各筋筋電図の1例とその分析時点

RM：右側咬筋，LM：左側咬筋，rectified EMG of RM：右側咬筋筋電位の実効値，RSCM：右側胸鎖乳突筋，LSCM：左側胸鎖乳突筋，T1～T5：噛みしめ持続時の分析時点，T6～T9：噛みしめ終了1～10分後の分析時点

る噛みしめを約7秒間行わせ，そのうちの約5秒間（T6，7，8，9とした）（図2）についても分析を行った。T1～T9における筋電図記録を12ビットA/Dコンバータ（ADI社製，MacLab）にてサンプリングタイム0.5 msecでA/D変換後，高速フーリエ変換（fast Fourier transform，以下FFTとする）により周波数分析を行い，各周波数ごとのエネルギー（パワースペクトル）を求めた。それらを基に，25 Hz帯域ごとのパワー値が総パワー値に占める割合¹⁴⁾（以下25 Hz帯域ごとのパワー％値とする），平均パワー周波数値¹⁵⁻¹⁷⁾（mean power frequency，以下MPF値とする）および45 Hzまでの累積パワー値が全体のパワー値に占める割合（以下45 Hzパワー％値¹⁸⁾とする）を求め，検討を行った。

III. 結 果

1. 持続的噛みしめ時の胸鎖乳突筋の筋活動について

50%MVCによる噛みしめを持続させたときの筋電図記録の1例を図2に示す。持続的な噛みしめに伴い胸鎖乳突筋において持続的な筋活動が認められた。この例では，約400 μ Vと振幅が一定の持続した咬筋筋活動が認められ，その際約150 μ Vと振幅が一定の持続した胸鎖乳突筋筋活動も認められた。ほかの例においても，振幅の大きさに違いはあるものの，同様な現象が認められた。被験者10名における50%MVCでの噛みしめ持続時間

の平均は， 64.7 ± 11.2 秒であった（表1）。また25%MVC，75%MVCでの噛みしめ持続時間の平均は 468.4 ± 191.1 秒， 37.0 ± 12.6 秒で，50%MVCでの噛みしめ持続時間が最も安定していた。

2. 周波数分布の変化について

図3，4に50%MVCによる噛みしめ持続時の左側胸鎖乳突筋と左側咬筋の25 Hz帯域ごとのパワー％値の経時的な変化の1例を示した。50%MVCによる噛みしめの時間経過に伴い，胸鎖乳突筋においては125～150 Hz付近を境として，低周波成分の増加と高周波成分の減少が認められ，周波数分布は低周波帯域に移行した。咬筋においても150 Hz付近を境に，低周波成分の増加と高周波成分の減少が認められ，周波数分布は低周波帯域に移行した。ほかの被験者についても同様な傾向が得られた。

3. MPF値について

50%MVCによる持続的な噛みしめ時における，全被験者の各測定時点における噛みしめ開始直後（T1）に対するMPF相対値の平均と標準偏差を図5に示す。噛みしめ終了直前（T5）ではMPF値は左側胸鎖乳突筋で $83.0 \pm 6.3\%$ ，右側胸鎖乳突筋で $80.1 \pm 6.2\%$ となり，T1に比べて有意に低下した（Wilcoxon signed-ranks test， $p < 0.01$ ）。すなわち，胸鎖乳突筋のMPF値は噛みしめの時間経過とともに経時的に減少傾向を示した。また，咬

図3 左側胸鎖乳突筋における25 Hz帯域ごとのパワー％値の経時的变化の1例

図4 左側咬筋における25 Hz帯域ごとのパワー％値の経時的变化の1例

図5 噛みしめ持続時の各被験筋におけるMPF相対値の経時的变化

縦軸は基準化した値で、噛みしめ開始直後のMPF値を100%で表している。横軸は噛みしめ持続時の分析時点を表している。

図6 噛みしめ終了後の各被験筋におけるMPF相対値の経時的变化

縦軸は基準化した値で、噛みしめ開始直後のMPF値を100%で表している。横軸は、T1は噛みしめ開始直後、T5は噛みしめ終了直前、T6～T9は噛みしめ終了からの時間（噛みしめ終了1, 3, 5, 10分後）を表している。

筋のMPF値も同様に経時的に減少し、T5では左側咬筋で $74.6 \pm 11.8\%$ 、右側咬筋で $74.6 \pm 9.6\%$ となり、T1に比べて有意に低下した ($p < 0.01$)。

噛みしめ終了後におけるMPF相対値の変化を図6に示す。胸鎖乳突筋と咬筋のT1のMPF値と噛みしめ終了後(T6～T9)のMPF値とを比較すると、噛みしめ終了1分後(T6)のMPF値は左側胸鎖乳突筋で $93.9 \pm$

6.1% 、右側胸鎖乳突筋で $89.9 \pm 10.1\%$ 、左側咬筋で $95.9 \pm 5.4\%$ 、右側咬筋で $94.0 \pm 4.8\%$ となり、各被験筋ともT1のMPF値に比べて有意に小さかった ($p < 0.05$)が、終了3分以後(T7～T9)のMPF値とでは有意差は認められなかった。胸鎖乳突筋と咬筋のMPF値は時間の経過に伴い回復傾向を示した。

左右の被験筋を比較した結果、噛みしめ持続時、噛み

図 7 噛みしめ持続時の各被験筋における 45 Hz パワー% 相対値の経時的変化

縦軸は基準化した値で、噛みしめ開始直後の 45 Hz パワー%値を 100%で表している。横軸は噛みしめ持続時の分析時点を表している。

図 8 噛みしめ終了後の各被験筋における 45 Hz パワー% 相対値の経時的変化

縦軸は基準化した値で、噛みしめ開始直後の 45 Hz パワー%値を 100%で表している。横軸は、T1 は噛みしめ開始直後、T5 は噛みしめ終了直前、T6 ~ T9 は噛みしめ終了からの時間(噛みしめ終了 1, 3, 5, 10 分後)を表している。

しめ終了後の全測定時点において有意差は認められなかった。

4. 45 Hz パワー%値の変化について

胸鎖乳突筋の周波数分布は、50%MVC による噛みしめの時間経過に伴い低周波成分が増加する傾向があることが明らかとなった。そこで、45 Hz までの累積パワー値が総パワー値に占める割合を 45 Hz パワー%値として求め、低周波成分のパワーの変化についてさらに詳しく検討をした。持続的な噛みしめ時における、全被験者の各測定時点における T1 に対する 45 Hz パワー%相対値の平均値と標準偏差を図 7 に示す。胸鎖乳突筋の 45 Hz パワー%値は経時的に増加し、T5 では左側胸鎖乳突筋で $161.4 \pm 29.8\%$ 、右側胸鎖乳突筋で $170.3 \pm 15.9\%$ となり、T1 に比べて有意に増加した ($p < 0.01$)。また、咬筋の 45 Hz パワー%値も同様に経時的に増加し、T5 では左側咬筋で $229.4 \pm 64.6\%$ 、右側咬筋で $221.4 \pm 51.8\%$ となり、T1 に比べて有意に増加した ($p < 0.01$)。

噛みしめ終了後における 45 Hz パワー%相対値の変化を図 8 に示す。胸鎖乳突筋と咬筋の T1 の 45 Hz パワー%値と T6 ~ T9 の 45 Hz パワー%値とを比較すると、T6 の 45 Hz パワー%値は左側胸鎖乳突筋で

$117.5 \pm 14.3\%$ 、右側胸鎖乳突筋で $120.0 \pm 12.6\%$ 、左側咬筋で $116.8 \pm 17.4\%$ 、右側咬筋で $113.3 \pm 9.9\%$ となり、各被験筋とも T1 の 45 Hz パワー%値に比べて有意に大きかった ($p < 0.05$) が、T7 以後の 45 Hz パワー%値とでは有意差は認められなかった。噛みしめ終了後では、胸鎖乳突筋と咬筋の 45 Hz パワー%値は時間の経過に伴い回復傾向を示した。

左右の被験筋を比較した結果、噛みしめ持続時、噛みしめ終了後の全測定時点において有意差は認められなかった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

顎機能異常患者のなかには咀嚼筋群のみならず側頸部、特に胸鎖乳突筋に疼痛を訴えるものが少なくない。藍ら¹⁹⁾は、顎口腔系に機能異常のある 71 名の患者について、触診による圧痛部位を調べた結果、胸鎖乳突筋停止部に圧痛が高頻度に見られたことを、また河野ら¹⁾も顎機能異常者の多くに胸鎖乳突筋停止部に自発痛がみられたことを報告している。また、吉田¹⁸⁾は噛みしめ時において、胸鎖乳突筋停止部のパワー値は筋中央部のパワー値

に比べて大きく、筋停止部は筋中央部に比べて咬合機能との関連が深いことを報告している。本研究では、これらの報告を参考にして胸鎖乳突筋停止部に相当する乳様突起下方1 cmに電極を設置した。

一方、四肢筋においては、等尺性収縮時の筋の張力と積分筋電図活動の振幅との間には直線的比例関係があると報告されており^{20,21)}、また最大咬合力の80%以下の範囲では咬合力と筋活動量との間には高い相関が認められたとの報告がある^{22,23)}。そこで本研究では、咬筋筋電図のRMS値を噛みしめ力の指標として用いた。

他方、徳永²⁴⁾は30%MVCによる噛みしめでは咬筋筋電図の周波数成分の変化はみられなかったことを報告している。その一方でNaeijeら¹²⁾は、8名の被験者を対象として、50%MVCによる噛みしめを持続的に行かせた際に、咬筋の筋疲労により噛みしめを持続することができなくなったという結果を報告している。また、Adrianら²⁵⁾は中程度の収縮では周波数分析のパラメーターは安定すると報告している。上記の報告に基づき、被験者の拘束時間を妥当な時間内としたいこと、咬筋の筋疲労に伴う胸鎖乳突筋筋活動の変化をみたいということ、そして周波数分析のパラメーターの安定性を得たいことから、本研究においては、噛みしめの強度を50%MVCに設定した。

2. 分析方法について

周波数分析法は脳波や表面筋電図などの不規則な波形をFFTにより周波数の異なる正弦波の組み合わせに分解しスペクトルの密度を得る方法であり、表面筋電図のような不規則振動現象の解析には本分析法が有効であることが広く知られている^{26,27)}。そして歯科領域では、噛みしめなどによる咬筋や側頭筋の筋疲労の分析に本分析法が多く用いられてきている^{8~13)}。また、顎機能異常者の症状の1つである筋痛を筋疲労の点から評価するうえでも、本分析法は注目されているものである。

本研究では周波数分析のパラメーターとして、25 Hz帯域ごとのパワー値が総パワー値に占める割合を、また定量的な検討を行うために平均パワー周波数値(MPF値)および45 Hzパワー%値(45 Hzまでの累積パワー値が全体のパワー値に占める割合)を用いた。

25 Hz帯域ごとのパワー%値は周波数分布の経時的な変化を定性的に検討するための指標として採用した。またMPF値は周波数分布の特徴を表す指標として、従来より多くの研究者によって用いられている。なかでも、Petrofskyら¹⁵⁾やSakamotoら¹⁶⁾はMPF値は筋疲労を評価する指標として有効であるとしており、堀¹⁷⁾はMPF値とピーク周波数値、パワースペクトルの中央値とを比較した結果、MPF値が筋疲労に伴う変化を最も大きく表現し、かつ再現性に優れていると報告している。

これらの報告に基づいて、本研究ではMPF値を筋疲労時における周波数分析のパラメーターの1つとして採用した。一方、45 Hzパワー%値は、吉田¹⁸⁾が設定したパラメーターであるが、低周波帯域に顕著な変化を示すような筋活動をみる際に有用であるとされているものである。なお、本研究では、被験者間の変動をなるべく除くために、これらのMPF値、45 Hzパワー%値を求めた後、それぞれの噛みしめ開始直後の値によって各分析時点の値を基準化して用いた²⁸⁾。

3. 結果について

1) 持続的噛みしめ時の胸鎖乳突筋の筋活動について
咀嚼時や下顎運動時、あるいは短時間のクレンチングなどの咬合機能時に胸鎖乳突筋が活動することが知られている。尾崎⁴⁾は下顎の後方限界運動時に胸鎖乳突筋に筋活動が認められたことを報告しており、Davis³⁾は咀嚼運動中の開口相と閉口相に咀嚼リズムに同期した胸鎖乳突筋の活動を認めており、また最大噛みしめを行かせた結果、胸鎖乳突筋が強い活動をすることを確認している。しかし、これらの報告では噛みしめの強度が規定されておらず、また記録時間が短時間であり、咬合機能と胸鎖乳突筋の活動との関連性が必ずしも明らかとはなっていない。したがって本研究では、噛みしめの強度を規定し、噛みしめを持続させた際の胸鎖乳突筋の筋活動の記録を行い、両者の関連性についての検討を行った。その結果、持続的な噛みしめに伴い胸鎖乳突筋において持続的な筋活動が認められた。このことは、噛みしめという動作によって頭部をより適切な位置に保持しようとする何らかの平衡作用として胸鎖乳突筋が働いていたために生じた現象と考えられた。中村ら²⁹⁾によれば、中枢神経系には独自の姿勢保持機構があるとされている。意図的運動に伴い姿勢変化は無意識に起こり、姿勢変化は予測される外力の影響に対して合目的に働くものとされている。意図的な運動が効率良く目的を達成するためには運動開始時に独自の姿勢が必要であり、円滑な運動には意図的運動部位と姿勢調節部位がともに正常に機能する必要があるとされている。持続的な噛みしめを行おうとした場合にも同様に、効率の良い、安定した噛みしめを行うために、この中枢神経系の姿勢保持機構により頭部の位置を安定すべく、胸鎖乳突筋に持続的な筋活動が起きたものと考えられた。

2) 噛みしめ持続時の周波数分布の変化について

持続的な噛みしめにより咬筋および側頭筋に筋疲労が生じることが数多く報告されている^{8~13)}。それらの報告によると筋疲労が進行するに従い、咬筋および側頭筋の周波数分布は低周波帯域に移行し、また帯域幅は減少する。これは周波数分布の高周波成分が減少し、低周波成分が増加することによって起こるものとされている。本

研究においても持続的な噛みしめ時の経時的な変化に伴い、咬筋の筋電図の周波数分布は同様に徐波化傾向を示した。またそれと同時に、胸鎖乳突筋の MPF 値は経時的に有意に減少し、45 Hz パワー％値は経時的に有意に増加し、胸鎖乳突筋の周波数分布は低周波成分の増加と高周波成分の減少により低周波帯域へと移行した。このような胸鎖乳突筋筋電図の周波数分布が徐波化したメカニズムを以下に考察する。

Palla らは、筋が疲労すると筋線維での活動電位の伝導速度が低下するため、周波数分布は低周波帯域へ移行するとしている^{13,30,31)}。また、Bigland-Ritchie ら³²⁾は疲労時における末梢性の反射性抑制により運動ニューロンの発火頻度が低下し、周波数分布は低周波帯域に移行するとしている。また、筋が疲労し収縮効率が低下したときにそれを補うために運動単位間において同期化すること^{33,34)}、あるいは耐久力に劣る FT (fast-twitch) 線維が筋疲労に伴い活動を停止し、耐久力に優れた発火頻度の低い ST (slow-twitch) 線維が活動することが考えられている³⁵⁾。胸鎖乳突筋のパワースペクトルの低周波域への移行については、上述したさまざまなメカニズムが関与した結果生じたものと考えられた。筋に疲労が生じると、その周波数分布は、低周波成分の増加と高周波成分の減少により、低周波帯域に移行することが報告されている^{8-13,30-35)}。このことと本結果から、持続的な噛みしめを続けることで胸鎖乳突筋に疲労が生じることが示唆された。

そこで、筋が疲労したのであれば回復が認められるであろうと考え、噛みしめ終了後 10 分間についても分析を行った。その結果、胸鎖乳突筋の MPF 値、45 Hz パワー％値は時間の経過に伴い回復傾向を示した。回復時間については、噛みしめ終了 1 分後では胸鎖乳突筋の MPF 値、45 Hz パワー％値はともに噛みしめ開始直後の値にまでは回復していなかったのに対し、噛みしめ終了 3 分以後ではほぼ噛みしめ開始直後の値にまで回復していた。四肢筋においては Bigland-Ritchie ら³²⁾は拇指内転筋において、疲労した筋を安静状態に保つと 3 分後に運動ニューロンの発火頻度が回復したと報告しており、また咀嚼筋群では萬代³⁶⁾が咬筋において、堀²⁸⁾が咬筋と側頭筋において、筋疲労からの回復時間は正常者では 3 分前後であったと報告している。今回、胸鎖乳突筋筋電図から得られた周波数分析のパラメーターが、噛みしめ終了 3 分後に噛みしめ開始直後の値に回復したという本研究結果は、これらの報告と同様なものであった。以上のことより、50%MVC による噛みしめを持続した場合、噛みしめ持続時間の経過に伴い胸鎖乳突筋に筋疲労が生じたものと考えられた。

なお、噛みしめ持続時の経時的変化における MPF 値、

45 Hz パワー％値は胸鎖乳突筋および咬筋において左右差は統計学的に認められなかった。これは、正常者では咬筋や側頭筋での筋疲労前後の MPF 値に左右差は認められないという Naeije¹¹⁾や赤西ら³⁷⁾の報告と同様な結果であった。

4. 顎機能異常者の臨床所見との関連

顎口腔機能が正常に営まれるためには、咀嚼筋をはじめとする頭頸部の筋群の機能的協調活動が必要である³⁸⁾。しかしこれらの調和が崩れると下顎運動の障害や顎位の異常、さらに種々な臨床的な症状が出現するとされている。それらの症状のなかには咀嚼筋のみならず頸部、肩部、背部のこりや痛みなどの不快症状がある^{7,39-43)}。そのなかでも特に胸鎖乳突筋に関する報告は多くみられ、Gelb³⁹⁾は 200 名の顎関節症患者の 138 名に、Yontchev ら⁴³⁾は 113 名の患者のうち 38%に胸鎖乳突筋に痛みがあったことを報告している。また、藍ら¹⁹⁾は 71 名の顎関節症患者のうち、胸鎖乳突筋停止部で 12.7%、中央部で 9.9%、起始部で 5.6%の割合で圧痛部位が認められたことを報告している。これらの筋の疼痛の原因は、筋疲労による筋スパズムであることが示唆されている⁷⁾。Laskin⁴⁰⁾は筋疲労により生じた筋スパズムは局所の循環障害を引き起こし、それにより生じた発痛物質が筋内に蓄積し感覚神経終末を刺激することにより疼痛を生じさせ、さらにこの疼痛は筋スパズムを生じさせスパズム-疼痛-スパズムという悪循環を引き起こすようになることを示唆した。一般に、疲労は病的な状態ではなく、休養すれば回復するものである。しかし、回復過程を十分に取らずに疲労が蓄積すると慢性疲労という病的な状態になり、各種の臨床的症状を引き起こすと考えられている。小林⁴⁴⁾によるとブラキシスト 10 名におけるブラキシズムの一夜の発現時間は平均で 40 分近く発現しており、なかには 1 時間 45 分にも及ぶ者もいたと報告されており、これらのことと噛みしめることにより胸鎖乳突筋が比較的容易に疲労するという本結果から考えるに、クレンチングやグライディングなどのブラキシズムを慢性的に習癖として持つ者では、胸鎖乳突筋は慢性的な疲労状態に陥り、症状が発現する危険性が高いことが考えられた。

さらに、河村²⁾は種々な顎位を維持させるといった条件下で、胸鎖乳突筋筋活動を測定し、下顎安静位、咬頭嵌合位、前方および側方咬合位では筋活動がほとんど認められなかったのに対して、後方咬合位においては筋活動が認められたとの結果を報告している。このことと本結果とから考えるに、アングルⅡ級 2 類の不正咬合患者にみられるような前歯部での早期接触により下顎の後退が認められるような者では、特に強い噛みしめを行っていないにもかかわらず、胸鎖乳突筋には微弱ながらも持

持続的な筋活動が起きている可能性が高いものと考えられる。そして、このような患者では、同筋はすでに慢性的な疲労状態あるいは易疲労性の状態にあり、さらに噛みしめるとい動作が加わった場合には同筋における症状が発現しやすいものと考えられ、今後、本研究方法をこのような患者にも適用し、検討する必要性があるものと思われた。

以上、本研究結果より、胸鎖乳突筋は咬合機能時に頭部をより適切な位置に保持するために活動していることが示され、咬合機能と胸鎖乳突筋の関連性がより明らかとなった。また、持続的な噛みしめ時では胸鎖乳突筋に筋疲労が生じることが示され、本周波数分析法は同筋の活動状態を非侵襲的、かつ定量的に評価することができることが示され、顎機能異常の臨床診断上の有効な指標となる可能性が示された。今後、さらに顎機能異常を有する各種不正咬合患者に本分析法を用い検討を加えることで、咬合異常と胸鎖乳突筋の症状との関連性を明らかにしていく必要があるものと考えられた。

V. 結 論

1. 持続的な噛みしめに伴い、胸鎖乳突筋において持続的な筋活動が認められた。

2. 噛みしめの時間経過に伴い、胸鎖乳突筋の周波数分布は経時的に徐波化傾向を示し、また MPF 値は有意に減少傾向を示し、45 Hz パワー%値は有意に増加傾向を示した。

3. 胸鎖乳突筋の周波数分布は噛みしめ終了 1 分後では疲労前の状態には回復しておらず、終了 3 分後で回復の傾向を示した。

以上の結果より、咬合機能と胸鎖乳突筋との関連性がより明らかとなり、噛みしめの持続に伴い胸鎖乳突筋において筋疲労が生じることが示された。胸鎖乳突筋の周波数分析は、非侵襲的、かつ定量的に同筋の筋活動状態を評価することができ、顎機能異常の臨床診断上の有効な指標となる可能性が示された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第一講座相馬邦道教授に深甚なる謝意を表します。

また、本研究の遂行にあたりご指導、ご教示を賜りました歯科矯正学第一講座 藤田幸弘講師に心より感謝の意を捧げます。

最後に、終始温かいご支援、ご協力をいただきました歯科矯正学第一講座の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

本研究の要旨の一部は、第 56 回日本矯正歯科学会大会(1997 年 9 月、東京)、第 62 回口腔病学会学術大会(1997 年 11 月、東京)において発表した。

文 献

- 1) 河野正司, 吉田恵一, 小林 博, 三浦宏之: 咬合機能時にみられる胸鎖乳突筋の活動様相. 補綴誌 31(3): 764-769, 1987.
- 2) 河村哲夫: 下顎運動時における顎部の筋の活動性に関する筋電図学的検討. 口病誌 50(1): 94-115, 1983.
- 3) Davis, P. L.: Electromyographic study of superficial neck muscles in mandibular function. J. Dent. Res. 58: 537-538, 1979.
- 4) 尾崎雅征: 口輪筋と顎筋の間に存在する機能的相関に関する研究. I. ヒトの両筋の活動様式について. 歯基礎誌 19: 264-275, 1977.
- 5) 藤田幸弘, 栗原恵子, 相馬邦道: 顎関節症を有する不正咬合者に対する歯科矯正学的対応—顎肩腕部に多くの愁訴を有したアングルⅢ級, オトガイ側方偏位症例の 1 治験例—. 日誌誌 8(1): 166-181, 1996.
- 6) 河野正司, 小林 博, 吉田恵一: Anterior Guidance の異常に由来すると考えられる胸鎖乳突筋の疼痛症例. 補綴誌 31(2): 409-417, 1987.
- 7) Schwarz, L. L.: Pain associated with the temporomandibular joint. J. Am. Dent. Assoc. 51: 394-397, 1955.
- 8) Lyons, M. F., Rouse, M. E. and Baxendale, H. R.: Fatigue and EMG changes in the masseter and temporalis muscles during sustained contractions. J. Oral Rehabil. 20: 321-331, 1993.
- 9) Kroon, G. W., Naeije, M. and Hansson, T. L.: Electromyographic power-spectrum changes during repeated fatiguing contractions of the human masseter muscle. Archs. Oral Biol. 31(9): 603-608, 1986.
- 10) Clark, G. T. and Carter, M. C.: Electromyographic study of human jaw-closing muscle endurance, fatigue and recovery at various isometric force levels. Archs. Oral Biol. 30(7): 563-569, 1985.
- 11) Naeije, M.: Correlation between surface electromyograms and the susceptibility to fatigue of the human masseter muscle. Archs. Oral Biol. 29(11): 865-870, 1984.
- 12) Naeije, M. and Zorn, H.: Changes in the power spectrum of the surface electromyogram of the human masseter muscle due to local muscular fatigue. Archs. Oral Biol. 26: 409-412, 1981.
- 13) Palla, S. and Ash, M. M. Jr.: Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscle during fatigue. Archs. Oral Biol. 26: 547-553, 1981.
- 14) 野崎晋一: 顎間垂直距離が咀嚼筋筋電図の周波数分布に及ぼす影響に関する研究. 広歯誌 23: 122-137, 1991.
- 15) Petrofsky, J. S. and Lind, A. R.: Frequency analysis of the surface electromyogram during sustained isometric contractions. Eur. J. Appl. Physiol. 43: 173-182, 1980.
- 16) Sakamoto, K., Usui, T., Hayami, A. and Ohkoshi, K.: The wave analysis with the fast fourier transform on surface electromyogram and tremor during an acute and an accumulative fatigue. Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 22: 207-228, 1982.
- 17) 堀 久至: かみしめによる咀嚼筋疲労とその回復に関する筋電図学的研究 第 1 報 各種周波数分析法の比較. 補綴誌 33(1): 37-42, 1989.
- 18) 吉田恵一: 咬合機能時における胸鎖乳突筋の機能に関する筋電図学的解析. 口病誌 55(1): 53-70, 1988.

- 19) 藍 稔, 古屋良一, 森川昭彦: 顎口腔系の機能異常にみられる痛みの部位について. 補綴誌 17: 133-137, 1973.
- 20) Bigland, B. and Lippold, O. C. J.: The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. J. Physiol. 123: 214-224, 1954.
- 21) Lippold, O. C. J.: The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension. J. Physiol. 117: 492-499, 1952.
- 22) 松野 功, 今井 徹, 中村進治, 星野 望: 20 ch 筋電図分析システムによる咬筋活動の研究. 医用電子と生体工学 72: 121-126, 1989.
- 23) van Steenberghe, D., de Vries, J. H. and Hollander, A. P.: Resistance of jaw-closing muscles to fatigue during repetitive maximal voluntary clenching efforts in man. Archs. Oral Biol. 23: 697-701, 1978.
- 24) 徳永 徹: 咬筋疲労過程における筋電位伝導速度および周波数パラメーターの観察 第2編 周波数パラメーターについて. 補綴誌 33: 804-817, 1989.
- 25) Adrian, E. D. and Bronk, D. W.: The discharge of impulses in motor nerve fibres. Part II. The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions. J. Physiol. 67: 119-151, 1929.
- 26) 永田 晟: 筋と筋力の科学—筋収縮のスペクトル解析—. 東京, 1984, 不味堂出版, 129-172.
- 27) 鮫島宗弘: 表面筋電図の周波数分析的データ処理とその臨床医学的応用. 北関東医学 21(5): 292-319, 1971.
- 28) 堀 久至: かみしめによる咀嚼筋疲労とその回復に関する筋電図学的研究 第2報 正常者, 患者の疲労および回復の比較. 補綴誌 33(2): 294-302, 1989.
- 29) 中村隆一, 斉藤 宏: 基礎運動学. 東京, 1979, 医歯薬出版, 102-126.
- 30) Bigland-Ritchie, B., Donovan, E. F. and Roussos, C. S.: Conduction velocity and EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. J. Appl. Physiol. 51: 1300-1305, 1981.
- 31) 近藤宏治: 咬筋の筋力回復過程における筋電位伝導速度. 補綴誌 37(3): 641-651, 1993.
- 32) Bigland-Ritchie, B. R., Dawson, N. J., Johansson, R. S., *et al.*: Reflex origin for the slowing of motoneurone firing rates in fatigue of human voluntary contractions. J. Physiol. 379: 451-459, 1986.
- 33) Lloyd, A. J.: Surface electromyography during sustained isometric contractions. J. Appl. Physiol. 30(5): 713-719, 1971.
- 34) Mills, K. R.: Power spectral analysis of electromyogram and compound muscle action potential during muscle fatigue and recovery. J. Physiol. 326: 401-409, 1982.
- 35) Maton, B.: Human motor unit activity during the onset of muscles fatigue in submaximal isometric isotonic contraction. Eur. J. Appl. Physiol. 46: 271-281, 1981.
- 36) 萬代弘毅: 表面筋電図の周波数分析を用いた垂直的顔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(1): 64-79, 1995.
- 37) 赤西正光, 石垣尚一, 石井弘二, 他: 顎筋表面筋電図の周波数分析に関する研究(1)—左右側顎筋の調和—. 補綴誌 30(4): 817-829, 1986.
- 38) Lund, J. P. and Enomoto, S.: The Generation of Mastication by the Mammalian Central Nervous System. (Cohen, A. H., Rossignol, S. and Grillner, S.) Neural Control of Rhythmic Movements in Vertebrates. New York, 1988, Wiley Interscience, 41-72.
- 39) Gelb, H.: A two-year clinical dental evaluation of 200 cases of chronic headache: the craniocervical-mandibular syndrome. J. Am. Dent. Assoc. 91: 1230-1236, 1975.
- 40) Laskin, D. M.: Etiology of the pain-dysfunction syndrome. J. Am. Dent. Assoc. 79: 147-153, 1969.
- 41) Travell, J.: Temporomandibular joint pain referred from muscles of the head and neck. J. Prosthet. Dent. 10: 745-763, 1960.
- 42) Perry, H. T. Jr.: Facial, cranial and cervical pain associated with dysfunctions of the occlusion and articulations of the teeth. Angle Orthodont. 26: 121-128, 1956.
- 43) Yontchev, E. and Carlsson, G. E.: Long-term follow-up of patients with orofacial discomfort complaints. J. Oral Rehabil. 19: 13-19, 1992.
- 44) 小林義典編著(ブラキシズム(bruxism)), 石岡 靖, 他: 顎口腔機能分析の基礎とその応用. 東京, 1991, デンタルダイヤモンド社, 218-229.