原 著 論 文

かみしめ耐久試験後に誘発される咀嚼筋 および胸鎖乳突筋の自発放電

村松 瑞人

Spontaneous Discharge Evoked after Endurance Clenching in Masticatory and Sternocleidomastoid Muscles

Mizuto Muramatsu

Abstract : The masticatory and neck muscles of some TMD patients may show spontaneous discharges on the electromyogram. The objective of this study was to clarify whether or not endurance clenching test (TEST) could evoke spontaneous discharges on the muscles of 18 subjects without TMD symptoms. Surface electromyography was taken to seek the spontaneous discharge just after the TEST and the TMD symptoms were examined.

The results were as follows :

1. The spontaneous discharge was evoked in 17 out of 18 subjects.
2. The average duration of the spontaneous discharge was : Masseter (M), 3.8 seconds (s) ; Anterior Temporal (Ta), 4.4 s ; and Sternocleidomastoid muscle (SCM), 5.2 s.
3. The mean amplitude of the spontaneous discharge was : M, 227.1 μ V ; Ta, 215.2 μ V ; and SCM, 98.0 μ V.
4. The incidence of the spontaneous discharge in the muscles studied was : M, 63.9% ; Ta, 69.4% ; SCM, 55.6%.
5. Some TMD symptoms such as discomfort and/or spontaneous pain in the muscles were elicited by the TEST. All the symptoms disappeared within 48 hours after the experiment.
6. In almost all the muscles on which the spontaneous discharge was evoked, discomfort and/or spontaneous pain were felt and the onset of these symptoms occurred within 12 hours after the experiment.

Key words : surface electromyography, spontaneous discharge, endurance clenching test, TMD

I. 緒 言

歯科臨床において筋電図 (EMG) がさまざまに利用されており、顎機能障害者の頭頸部筋群の筋電図検査にも表面筋電図検査が用いられている。

この表面筋電図検査中に、安静時やタッピング運動ある

いは咀嚼運動の開口相に比較的一定振幅で、持続性のある筋放電がしばしば観察される¹⁾。また、かみしめやタッピング運動、嚥下などの被験運動の筋放電に引き続き、徐々に減衰しながら、その後一定振幅になり、最後には消失する筋放電も存在する。これらの筋放電は本来筋放電が認められない時に観察されることから、自発放電であると考えられる。

自発放電の存在については、これまでに矯正治療後に TMD 症状が現れた患者²⁾、早期接触による不正な顎位を持つ TMD 患者³⁾、実験的な咬合干渉付加後⁴⁾などの筋電図にみられることが報告されている。このように自発放電

新潟大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻 (主任・指導: 河野正司教授)

Niigata University, Graduate School of Dentistry, Major in Prosthodontics (Chief and Director : Prof. Shoji Kohno)

平成 8 年 1 月 29 日受付

は、TMD との関連が強く疑われるが、その特性については全く明かではない。

TMD 患者では咬合障害や疼痛回避のため、頭頸部筋群は正常者に比べて反射系の感度が上昇した環境にあって酷使されていると考えられる。これによって生じる筋の疲労や筋症状の存在が自発放電を誘発する素地になっていると推測できる。

そこで本研究では、顎機能に障害を持たない人にブラキシズム、特にクレンチングを想定したかみしめ耐久試験を負荷することで咬筋、側頭筋を疲労させ、咬筋、側頭筋、胸鎖乳突筋の自発放電の誘発性を検討し、さらに筋疲労時に発現する症状と自発放電との対応を追求することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者、被験筋

被験者は臨床的に顎口腔系に異常を認めない新潟大学歯学部の歯科医師、男子 9 名、女子 9 名、計 18 名で、年齢 25~29 歳、平均年齢 26.6 歳である。

各被験者にはあらかじめ、研究の目的および実験中に生じると予想される身体反応について十分な説明を行ったうえで、実験参加への応諾を得た。

被験筋は左右両側の咬筋、側頭筋前部、胸鎖乳突筋停止部、顎二腹筋前腹とした。電極貼付部位は咬筋では筋束の中央部に前縁と平行に、側頭筋前部では筋束の前縁から 10 mm 後方に、胸鎖乳突筋停止部では乳様突起から 20 mm 下方に筋束に平行とし、顎二腹筋前腹では下顎骨の二腹筋窩から約 20 mm 後方に筋束に平行とした。

2. 実験時の顎位

実験では、左右第一小臼歯から第二大臼歯までの臼歯部の咬合面を覆い、かつ均等に接触するようなバイトブロックを使用して顎位を規定した。

バイトブロックを介した顎位は習慣性閉口路上で、上下顎切歯切縁が約 10 mm 離開した下顎位とした。

バイトブロックは実験に先立ち口腔内において以下の手順で製作した。まず直径 1.0 mm のクラスプ用コバルトクロムワイヤーを臼歯部の歯列弓に合わせ屈曲し、餅状にした即時重合レジンとそのワイヤーの左右下顎第一小臼歯から第二大臼歯相当部に付着させた。次に被験者に上下顎切歯切縁で約 10 mm 開口した位置までゆっくりと開口してもらい、硬化後口腔内から取り出した。その後前歯部歯牙への接触がないよう形態修正し、適合診査用印象剤ホワイトシリコーンにて適合状態を確認した。

3. 筋電図記録法

1) 筋電図記録条件

筋電位は、Ag/AgCl 小型表面電極（日本光電製 NT-611 U）を、極間距離 15 mm にて貼付し、双極誘導した。生体アンプ（日本光電製 AB-610 J）を用い、周波数帯域 5 Hz-1 kHz にて、咬筋、側頭筋、顎二腹筋前腹は 2,000 倍、胸鎖乳突筋停止部は 5,000 倍に増幅した。なお、生体アンプのハムフィルターを用いて、50 Hz 付近の周波数帯域の信号は除去した。

電極貼付部の皮膚表面の清拭は Skin pure（日本光電製）と消毒用エタノールにより入念に行った。

信号の記録はデータレコーダー（TEAC 製 RD-200 T）を用い周波数特性 DC-2.5 kHz にて行うと同時に、サーマルアレイレコーダー（日本光電製 RTA-1300、周波数特性 DC-3 kHz）を用い感熱紙に描出した。

2) かみしめ強さの規定法

左側咬筋からの筋電信号を積分器（NEC 三栄製 1322）にて全波整流後、時定数 0.5 秒の条件で積分した。この積分信号をオシロスコープ上に表示し、視覚的にフィードバックしてかみしめ強さの規定に用いた。

かみしめ耐久試験時のかみしめ強さは、電極貼付直後に行った咬頭嵌合位での最大かみしめ時の、左側咬筋の積分筋電位と同程度とした。

3) 自発放電の判定基準

今回の実験では随意的運動をしていない安静状態において、次の 2 条件を満たす筋放電を自発放電と判定した。

① 持続時間が 1 秒以上の筋放電。

② 咬筋、側頭筋前部で、100.0 μ V、胸鎖乳突筋停止部で、40.0 μ V 以上の Peak to peak amplitude を有する筋放電。

この判定はサーマルアレイレコーダーの記録上においてノギスにより計測し行った。

4. 実験手順

実験はかみしめ耐久試験負荷時の筋電記録と、それにより生じる症状の診査よりなる。実験のフローチャートを図 1 に示す。

筋電図の記録は、下記の事項により経時的に行った。

① 下顎安静位。

② 咬頭嵌合位での最大かみしめによる、かみしめ強さを決定。

③ バイトブロックにより設定した顎位による 4 秒間の最大かみしめ。

④ 30 秒の安静状態。

⑤ 最大かみしめによるかみしめ耐久試験。

⑥ かみしめ耐久試験の停止後 30 秒間の安静状態。

さらに、かみしめ耐久試験停止 30 秒後に、12 時間後および 48 時間後に症状の診査を行った。

図 1 Flow of the experiment

EMG was taken only during the underlined steps

実験の手順

図中の下線付と区間において筋電図記録を行った

なお、その他にもかみしめ耐久試験の停止理由、かみしめ耐久試験中の症状について問診した。

5. かみしめ耐久試験の持続条件、ならびにかみしめ耐久試験停止時の注意について

かみしめ耐久試験の持続条件は、次の 2 条件の、いずれかに該当したら、かみしめを停止してもらった。

- ① 筋や関節の疼痛に耐えられなくなるまで。
- ② 規定したかみしめ強さの維持が不可能になるまで。

なお、かみしめ耐久試験中に被験者にとって何らかの不都合が発生したときは、直ちにかみしめをやめるよう指示した。

かみしめ耐久試験の停止直後は、随意的な収縮をしない、発声しない、表情を変化させない、および体を動かさないように指示した。

6. 自発放電の分析、ならびにその他分析

自発放電の判定基準を満たす筋放電について以下の項目について分析した。

1) 誘発された自発放電の持続時間

サーマルアレイレコーダーの記録紙上でかみしめ停止時点から、振幅が判定基準を下回る時点までの時間を、自発放電持続時間とし、ノギスにて計測した。

2) Peak to peak amplitude

自発放電の振幅の大きさを評価するパラメータとして、かみしめ耐久試験停止 2 秒後における Peak to peak amplitude をサーマルアレイレコーダーにより 5 倍に拡大して描出させて、ノギスにて測定した。

また、自発放電の大きさを比較検討する対照として、バイトブロック装着状態での安静時およびかみしめ耐久試験

開始 5 秒後の筋放電の Peak to peak amplitude を同様の方法で測定した。

3) かみしめ耐久試験持続時間の計測

実験中ストップウォッチを用いて、かみしめ耐久試験開始から停止までの持続時間を、被験者の様子をもとに計測した。

4) かみしめ耐久試験中の筋電波形の平均パワー周波数ならびに、RMS 値の算出

実験後かみしめ耐久試験による疲労現象を確認するため、かみしめ耐久試験中のかみ始め、中間点、停止 10 秒前の各 5 秒間の筋電波形を波形解析ソフト WAVE MASTER II (カノープス社製) により、パーソナルコンピュータ (NEC 社製 PC-9801 RA) 上で解析し、平均周波数 (MPF) 値と RMS 値を算出し、その変化の様子を調べた。

III. 結 果

1. 誘発された自発放電活動

1) 自発放電発現の誘発状況

かみしめ耐久試験によって誘発された自発放電の代表的な例を図 2 に示す。

この被験者の例では、かみしめ耐久試験において、かみしめ強さの維持が不可能となり End で示した右の破線にてかみしめを停止した。その後 6 筋すべてに、自発放電が認められた。この自発放電が発現している時、被験者は随意的にかみしめ、嚥下、その他の運動はしていない。しかし、被験者によって自発放電の発現の様相は一樣ではない。

そこで、各被験者ごとに被験筋に自発放電が誘発された

か否か、さらにかみしめ耐久時間、かみしめ耐久試験停止理由について、表1に示した。

被験者18名のうち、17名に自発放電が誘発された。

筋別にみると咬筋では、自発放電が誘発された被験者は13名、23筋、側頭筋前部では、15名、25筋、胸鎖乳突筋停止部では、12名、20筋に自発放電が誘発された。

かみしめ耐久試験持続時間は、32秒から114秒の平均70.4秒であった。

図2 Endurance clenching test and spontaneous discharge evoked by the test

At the point "Start," subject started endurance clenching, spontaneous discharge evoked at rest just after endurance clenching test on light masseter (LM), right masseter (RM), left anterior temporal muscle (LT), right anterior temporal muscle (RT), left sternocleidomastoid muscle (LSCM), right sternocleidomastoid muscle (RSCM), in sub.I.A. At the point "End" (shown in the dotted line), sub.I.A. finished the clenching test

かみしめ耐久試験と誘発された自発放電

被験者I.A.の筋電図。Startの時点から、かみしめ耐久試験を行い、試験後の安静時に、LM（左側咬筋）、RM（右側咬筋）、LT（左側側頭筋前部）、RT（右側側頭筋前部）、LSCM（左側胸鎖乳突筋停止部）、RSCM（右側胸鎖乳突筋停止部）に自発放電が発現

破線Endで示した時点でかみしめ耐久試験を停止した

かみしめ耐久試験の停止理由は、17名が規定したかみしめ強さを維持できなかったこと、1名は、痛みには耐えられなかったことであった。

各被験筋総数に対する自発放電が誘発されたと判定された筋数の割合である、自発放電誘発率を表2に示す。

男性では、咬筋は12筋（66.7%）、側頭筋前部は12筋（66.7%）、胸鎖乳突筋停止部は9筋（50.0%）であった。女性では、咬筋は11筋（61.1%）、側頭筋前部は13筋（72.2%）、胸鎖乳突筋停止部は11筋（61.1%）であった。全体では、咬筋23筋（63.9%）、側頭筋前部25筋（69.4%）、胸鎖乳突筋21筋（55.6%）であった。

2) 自発放電持続時間

自発放電持続時間について、平均値と標準誤差を図3に示す。

咬筋における自発放電の持続時間は、最短1.0秒最長7.0秒、平均3.8秒であった。側頭筋前部では1.0秒から10.0秒までの平均4.4秒、胸鎖乳突筋停止部では1.0秒から10.0秒までの平均5.2秒であった。

3) 誘発された自発放電の Peak to peak amplitude

2秒以上持続する自発放電について、かみしめ耐久試験停止2秒後時点で測定した Peak to peak amplitude の平均値と標準誤差を図4に示す。咬筋では、最小111.0 μ V、最大399.6 μ V、平均227.1 μ Vであった。側頭筋前部では、100.0 μ V から444.0 μ V までの平均215.2 μ V、また胸鎖乳突筋停止部では、40.0 μ V から200 μ V までの平均98.0 μ Vであった。

4) MPF 値の変化について

かみしめ耐久試験中の咬筋の中心周波数（MPF）値は、かみはじめでは平均152.54（ ± 23.3 ）Hz、（Mean $\pm$ S.

表2 The number and the incidence of the muscles on which spontaneous discharge was evoked
自発放電が誘発された筋数と自発放電誘発率

	Male (%)	Female (%)	Total (%)
M	12 (66.7)	11 (61.1)	23 (63.9)
Ta	12 (66.7)	13 (72.2)	25 (69.4)
SCM	9 (50.0)	11 (61.1)	20 (55.6)

表1 Muscles on which were evoked the spontaneous discharge, the time of endurance clenching, and the reasons of ceasing endurance clenching

自発放電誘発状況、かみしめ耐久時間ならびにかみしめ停止理由

	M	Ta	SCM	Endurance time(s)	かみしめ停止理由
	◎	◎	◎	61	R.P.
	◎	◎	◎	88	R.P.
	◎	◎	◎	81	R.P.
	◎	◎	◎	114	R.P.
	◎	◎	◎	98	R.P.
	◎	◎	◎	32	R.P.
	◎	◎	◎	60	R.P.
	◎	◎	◎	77	R.P.
	◎	◎	◎	36	P.
	◎	◎	◎	39	R.P.
	◎	◎	◎	62	R.P.
	◎	◎	◎	92	R.P.
	◎	◎	◎	76	R.P.
	◎	◎	◎	61	R.P.
	◎	◎	◎	61	R.P.
	◎	◎	◎	93	R.P.
	◎	◎	◎	59	R.P.
	◎	◎	◎	78	R.P.

◎ : The spontaneous discharge was evoked on bilateral muscles, ○ : The spontaneous discharge was evoked on unilateral muscle, R.P. : Rack of power, P. : Untolerable pain

◎ : 左右両側の筋に自発放電が誘発された, ○ : 片方の筋に自発放電が誘発された, R.P. : かみしめ力の欠如, P. : 疼痛に耐えられなかった

図 3 Duration of the spontaneous discharge
誘発された自発放電の持続時間

図 4 Peak to peak amplitude of the spontaneous discharge
誘発された自発放電の peak to peak amplitude

D.), 中間点では, $118.9 (\pm 25.3)$ Hz, 停止 10 秒前では, $102.9 \pm (24.5)$ Hz であり, 有意に減少した (t -test $p < 0.05$) が, RMS 値は, 有意な変化が認められなかった。よってかみしめ耐久試験の遂行に伴い, 咬筋の疲労現象がうかがえることが確認された。

2. 記録された臨床症状

かみしめ耐久試験による自発放電誘発部位と症状の一覧を表 3 に示す。

被験者は, かみしめ耐久試験中ならびにかみしめ耐久試験後に, 疲労感, こわばり, 感覚の喪失, 圧痛, 違和感, 自発痛を訴えた。

1) かみしめ耐久試験中の症状

かみしめ耐久試験中には, 1 名の被験者を除き, 自発痛を訴えた。

咬筋に自発痛を訴えた被験者は 17 名で, 側頭筋前部は 3 名, 胸鎖乳突筋停止部に訴えた被験者はいなかった。

2) かみしめ耐久試験停止直後の症状

かみしめ耐久試験停止直後には, すべての被験者が何らかの症状を訴えた。

症状は咬筋, 側頭筋前部に同時に生じたが, 胸鎖乳突筋停止部には発現しなかった。症状別に被験者数をみると, 疲労感 17 名, こわばり 3 名, 感覚の喪失 2 名であった。

なおかみしめ耐久試験停止直後には, 違和感や自発痛を訴えた被験者はいなかった。

すなわち, かみしめ耐久試験直後の主症状は疲労感であり, かみしめ耐久試験中に訴えた自発痛はかみしめ耐久試験停止により消失した。

3) 実験終了 12 時間後の症状

実験終了 12 時間後には, 18 名の被験者のうち 17 名が何らかの症状を訴えた。

症状は咬筋, 側頭筋前部に生じたが, 胸鎖乳突筋停止部には発現しなかった。

症状別では違和感 15 名, より症状が重篤であると考えられる自発痛 11 名であった。こわばりを訴えた被験者は 4 名で, この 4 名は同時に違和感を訴えていた。

自発痛という症状は, かみしめ耐久試験停止直後にはみられなかった症状であり, 12 時間後へと時間が進行するにつれて現れた。

4) 実験終了 48 時間後の症状

実験終了後には, すべての症状は消失した。

5) かみしめ耐久試験停止直後の症状と実験終了 12 時間後の症状の対応

かみしめ耐久試験停止直後に疲労感が認められた筋の実験終了 12 時間後の症状のまとめを図 5 に示す。咬筋についてみると, 疲労感を訴えた 34 筋では, そのすべてに違和感あるいは自発痛が認められた。

側頭筋前部では無症状は 2 筋だけで, 32 筋に違和感や自発痛が発現していた。

よって, かみしめ耐久試験停止直後に疲労感を訴えた筋では, 実験終了 12 時間後に違和感や自発痛が出現する傾向が認められた。

6) 自発放電の誘発された筋と症状の関係

自発放電が誘発された咬筋, 側頭筋前部の, 実験終了 12 時間後の症状を図 6 に示す。

自発放電が誘発された咬筋 23 筋のうち, 実験終了 12 時間後 22 筋に違和感あるいは自発痛を認めた。

側頭筋前部では, 自発放電を認めた 25 筋のうち, 22 筋に同様の症状が現れた。

すなわち, かみしめ耐久試験停止直後に自発放電がみられた筋では, 12 時間後に違和感や自発痛が発現する傾向が認められた。

以上のことから, 発現したさまざまな TMD 症状と誘発された自発放電には, 一対一の対応関係ではないものの, 密接な関係があることが明らかとなった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) 被験筋

被験筋のうち, 咬筋, 側頭筋前部は, 顎機能を営む主要

表 3 Spontaneous discharge and symptoms

自発放電誘発部位と症状

	Sub.	筋	自発放電	かみしめ中	直 後					12 時間後					
				自発痛	疲労感	こわばり	感覚の喪失	圧痛	違和感	自発痛	疲労感	こわばり	感覚の喪失	圧痛	違和感
男 性	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ○	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎		○			◎			◎ ◎	◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ○	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎	◎	◎ ◎						◎ ◎			◎ ◎	
	■	M Ta SCM	○ ◎	◎	◎ ◎	◎ ◎								◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	○ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	○ ○				◎ ◎								
	■	M Ta SCM	◎ ◎	◎	◎ ◎	◎ ◎								◎ ◎	◎ ◎
女 性	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎						◎ ◎			◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎		◎ ◎								◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎										◎ ◎
	■	M Ta SCM	○ ◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎									◎ ◎	
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ○	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	○ ◎ ◎	◎	◎ ◎						◎ ◎			◎ ◎	
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎
	■	M Ta SCM	◎ ◎ ◎	◎	◎ ◎									◎ ◎	◎ ◎

◎ : Bilateral muscles, ○ : Unilateral muscle

◎ : 両側の筋に発現, ○ : 片側の筋に発現

図 5 Proportion of the symptoms of the muscles on which fatigue was felt just after the test at 12 hours past after the experiment

かみしめ耐久試験後に疲労感が認められた筋の 12 時間後の症状

な筋であり、TMD 患者の筋症状好発部位⁵⁾であるため、歯科臨床での筋電図検査には、多用されている。

胸鎖乳突筋停止部は、咬合機能との関連^{6,7)}や咬合異常に起因する疼痛⁸⁾が明らかにされている。さらに自発放電の存在が知られている¹⁾。

顎二腹筋前腹は、かみしめ時に閉口筋との協調活動を行うことが知られており⁹⁾、かみしめ耐久試験停止を判断する目安となる。

以上の理由により、咬筋、側頭筋前部、胸鎖乳突筋停止部、顎二腹筋前腹を被験筋として選択した。

2) 実験時の顎位について

かみしめ耐久試験中は、歯、顎骨に大きな応力が加わる。これによる修復物等の破損、歯牙の破折を防止するため、そして筋活動の左右差を可及的に少なくすることを目的に広い咬合接触面積を持つバイトブロックを用いた。

咬合高径を約 10 mm 挙上することにより、十分な筋活動、筋張力を発揮させることができる。Manns ら¹⁰⁾によれば、咬頭嵌合位よりも 10 mm 程度開口した時の筋長が、咬筋における Optimum length であり、その時に最も大きな筋力を発揮できるとしている。

また鍋島¹¹⁾は、より大きな咬合高径において筋疲労の発現が早く生じることを明らかにしている。

これらの事項を考慮にいれて、本研究では実験顎位を設定した。

バイトブロックによる咬合挙上はそれ自体が筋放電を誘発する可能性があるが、全被験者においてかみしめ耐久試験前のブロック装着状態において、安静状態で自発放電は認められなかった。

3) 筋電図記録方法

痛みを伴う可能性の高い、かみしめ耐久試験を行うという事前の情報は、被験者に精神的ストレスを与えることが考えられる。よって実験前、実験中に過分な精神的ストレスを与えないため、特殊なシールドルームなどを使用せ

図 6 Proportion of the symptoms 12 hours after the experiment in muscles which showed spontaneous discharge
自発放電が誘発された筋の 12 時間後の症状

ず、補綴科外来に併設されているシールドのない検査室にて実験を行った。このことは逆に、商用電源等のノイズの影響を受けやすい。よってそれらのノイズの影響を除去するため、生体アンプのフィルターによって 50 Hz 付近の信号を除去することとした。フィルターを使用することは、筋放電のすべての情報を含んでいないが、本実験の自発放電の誘発性の検討という観点からは、結果に大きな影響はないと考えられる。今後自発放電の詳細な特徴を研究するためには、フィルター使用の可否を検討する必要がある。

また実験にあたっては、表面電極貼付時の皮膚の処理を行った。これはノイズの低減には効果的である。皮膚清拭剤と消毒用エタノールの併用により、極間インピーダンスは、6~10 kΩ となることを確認しており、一般的に表面筋電図記録の際に要求されるインピーダンス 30 kΩ 以下¹²⁾を十分に達成している。以上のことから今回採用した筋電図誘導法は自発放電の観察を行うための妥当性があるものといえる。

4) 自発放電の定義ならびに自発放電評価方法について
これまでの自発放電の定義は、「特に力を入れていないときに生じる筋放電」¹³⁾、「刺入時活動がおさまった後の静止時に、しかも随意収縮や外刺激のない時に、筋や神経から記録される活動電位」¹⁴⁾など、力を入れていない時に、生じる筋放電であるため、異常な放電であるとしている。これらの定義を参考に、本研究では自発放電の定義を“随意的な収縮をしていない安静状態にて記録される筋活動”とした。

しかしこれまでに自発放電の特性、例えば持続時間や大きさについては、定見が皆無であり、本研究では誘発される自発放電を認定するため、新たな自発放電の判定基準を設定した。

自発放電の持続時間については、不規則な、不安定な筋放電を評価対象から除外し、ある程度の持続性を持った筋放電のみを評価するため 1 秒以上連続する筋放電のみを対象とすることとした。

筋電位の大きさについては、電極間距離、被験者の脂肪層の厚さなどさまざまな影響により異なってくる。しかし、評価対象とする自発放電が、正常な安静状態とは異なる筋放電であることを明らかにするため、Peak to peak amplitude が咬筋、側頭筋前部では、100 μ V、胸鎖乳突筋停止部で 40 μ V 以上のものを評価対象とした。

2. 結果について

1) 誘発された自発放電について

誘発された自発放電は、図 2 にも示したように一様な発現消失のパターンを持つ筋電波形ではない。また誘発された自発放電の持続時間も、被験者、被験筋により多様で、ばらつきが大きいことを考慮すると、自発放電の発現はある 1 つの機序によるものではなく、複数の機序が関連している可能性をうかがわせる。

また安静時に、このような筋活動が不随意性に発現し、そのうえ秒単位の持続性を持っていることと、顎機能障害患者の筋に観察されることを考えあわせれば、自発放電は、顎機能にとって、病的な意味を持つと考えられる。

2) かみしめ耐久時間とかみしめ耐久試験停止理由について

かみしめ耐久試験の持続時間は、Clark ら¹⁵⁾の報告によれば、100% MVC でのかみしめ持続時間は、約 68 秒、水井¹⁶⁾らによれば約 66 秒であり、本研究のかみしめ耐久試験の持続時間とほぼ一致している。

またかみしめ耐久試験停止理由について、Kroon ら¹⁷⁾は、かみしめ耐久試験にてかみしめを停止する理由は、強い収縮レベルでは力が発揮できないことで、弱い収縮レベルでは、疼痛であったとしている。本研究では 18 名中 17 名が規定したかみしめ強さの維持が不可能になったため、つまり力が発揮できずに、かみしめ耐久試験を停止しており、かみしめ耐久試験は強い収縮レベルで行われたことを裏付けている。

よって本研究のかみしめ耐久試験は、かみしめ耐久時間と、かみしめ耐久試験停止理由から判断して有効に行われたといえよう。

3) 症状について

本研究にて認められた主な症状は、時間的に推移することが明らかとなった。まずかみしめ耐久試験中に主に咬筋に自発痛が生じた。この自発痛はかみしめ耐久試験停止とともに消失する。これは虚血状態での発痛物質の増加によるもので¹⁸⁾、かみしめ時には筋への血流が著しく減少し、かみしめ停止に伴い劇的に血流量が増加する¹⁹⁾ことで疼痛も消失する。

次に、かみしめ耐久試験停止後は頬部やこめかみ付近に疲労感が生じるが、この症状は時間の経過とともに違和感や自発痛へと変化した。この自発痛は微細筋線維の壊死、Z 帯の変化、筋線維鞘の断裂などの微細外傷に起因する時

間の遅れを伴って生じる疼痛^{20,21)}に相当する。

これらの症状を実際の TMD 症状にあてはめると、例えば、ブラキシストがよく訴える起床時の咬筋、側頭筋の疲労感は本研究の結果から、時間の経過により、いずれ自発痛が発現するという警告と考えられる。また、ブラキシストに限らず、疲労感を訴える患者、あるいは、TMD の自覚がないものの疲労感を訴える人には、いずれ自発痛が生じる可能性があることを示唆している。

4) 自発放電と症状の対応

自発放電の誘発された筋に、実験終了 12 時間後に高い確率で違和感や自発痛が発現した。自発放電が誘発された筋と症状には、必ずしも一対一の対応関係はなかった。しかし、密接な関係は存在しているから、臨床で自発放電が観察される TMD 患者には、いずれ自発痛等の筋症状が現れる可能性があることを示している。

このことは、表面筋電図検査を行い、自発放電に注目した振幅密度分析²²⁾を応用することで、まだ筋症状を示していない TMD 患者の将来の症状の予測、TMD の重篤度の判定、TMD 予備群のスクリーニングができる可能性を示唆するものであると考えられる。

5) 自発放電の発現機序について

本実験で、観察された自発放電が発現する機序は現時点で確定できるものではない。しかし、発現に至る次のような可能性を考えることができる。

(1) 歯根膜圧受容器による緊張性歯根膜咀嚼筋反射

かみしめ耐久試験中歯牙により圧縮された歯根膜は、かみしめ停止直後から血管網や結合組織へ組織液が流入し、かみしめ以前の安静な状態へと復元を始める²³⁾。

加藤²⁴⁾の歯牙の変位に関する研究によれば、咬合紙 2 枚のかみしめによって生じた 15 μ m の変位から復位するのにおよそ 20 秒を要している。

かみしめ持続中に圧迫刺激に順応していた歯根膜圧受容器は、歯牙が復位することによる持続的な刺激に反応し、持続的な求心性情報を送る。

この持続的な出力は、緊張性歯根膜咀嚼筋反射として知られる閉口筋の持続的な興奮を引き起こす²⁵⁾。

一方、かみしめ耐久試験によって生じる疼痛、精神的緊張、中枢の疲労などは、辺縁系を介して中枢神経系に影響を与え、運動神経系の活動亢進をもたらす²⁶⁾。このため閉口筋の興奮は通常の場合より増加していることが考えられる。

かみしめ耐久試験停止後に筋電図上で咬筋および側頭筋に認められる、持続性がありかつ大きな自発放電は、このような歯根膜圧受容器の興奮により誘発される可能性がある。

(2) 筋紡錘および Golgi 腱器官による反射

かみしめ耐久試験停止時の筋長の変化は、筋紡錘から一過性の大きな求心性情報をもたらす。それは三叉神経運動

ニューロンを興奮させ、伸張反射を誘発する²⁷⁾。この時、先に述べたように運動神経系の活動亢進が存在していれば、過剰な閉口筋の興奮が認められると考えられる。

(3) その他の影響

疼痛は、中枢神経系を介して疼痛発生部位の伸張を抑制し保護するための持続的な筋収縮、すなわち protective contraction を誘発する。この現象は臨床的によく知られ、Stohler ら²⁸⁾は、正常被験者に実験的に顔面痛を誘発すると、開口時に咬筋筋活動の亢進が起きることを明らかにしている。

以上より、ここに挙げた複数の因子によって、自発放電が誘発され、さらにそれら因子の複合することで、安静時の放電としては活動が大きく、持続性があり、発生から消失までの活動パターンが多様であるという自発放電の特徴が認められると推測される。

6) 自発放電が誘発されなかったと判定された筋について

かみしめ耐久試験を行うことで筋への負荷が生じるが、被験者のそれぞれの筋や骨格の相違のため、すべての筋に対して、負荷が一定の割合で配分されるとは限らないうえ、被験者の筋それぞれが、かみしめに耐え得る能力に相違があると考えられる。よって疼痛の発現性も大きく左右される。

またかみしめ耐久試験による精神的緊張や疼痛の程度は、個々の被験者にとって固有であり、それらにより修飾を受けた中枢からの下降性の命令は異なっているものと思われる。よって、精神的緊張や疼痛に対する耐性の違いが、自発放電の発現を左右していることも考えられる。

本研究で自発放電が誘発されなかったと判定された筋は、判定基準の厳しさによりその判定は左右される。本実験で設定した自発放電の判定基準を低く設定すれば、さらに自発放電が誘発されたと判定された筋は多くなる。

よって、将来の自発放電の発現性に注目した筋電図分析では、自発放電の判定基準により、自発放電の検出性が左右される。今後発現する機序が明確になることによって、自発放電の判定基準については十分な検討が可能となるう。

V. 結 論

1. 神経筋疾患のない、顎機能障害を訴えていない被験者にかみしめ耐久試験を行わせると、かみしめ耐久試験停止直後に自発放電が誘発された。この時、筋には疲労現象がうかがえることが確認された。

2. 誘発された自発放電は次の特徴を示した。

1) その持続時間は、咬筋では約 3.8 秒、側頭筋前部では約 4.4 秒、胸鎖乳突筋停止部では約 5.2 秒であった。

2) その Peak to peak amplitude は、咬筋では、平均

227.1 μ V、側頭筋前部では、平均 215.2 μ V、胸鎖乳突筋停止部では、平均 98.0 μ V であった。

3) 被験筋各筋の自発放電誘発率は、咬筋では 63.9%、側頭筋前部 69.4%、胸鎖乳突筋停止部 55.6% であった。

3. かみしめ耐久試験によって顎機能障害の症状が発現した。これらの症状は、実験終了 12 時間後には、症状が進行し、自発痛が発現した。なお 48 時間後には、すべての症状が消失した。

4. 自発放電の誘発された筋とその筋の症状には、一対一の関係ではないものの、密接な関係が存在した。特に自発放電が誘発された筋のほとんどに、実験終了 12 時間後、自発痛や違和感の発現が認められた。

5. 自発放電に注目してその発現頻度、発現状況を調べることは、筋の疲労状態の判定、筋症状発現の予測、TMD 予備群のスクリーニングに応用できる可能性が示唆された。

稿を終るにあたり、本研究に際し終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました新潟大学歯学部、河野正司教授に謹んで感謝申し上げます。また、本研究に関してご教示頂きました新潟大学歯学部、小林博講師に深謝いたします。

さらに、研究、実験に貴重なご意見を頂きました新潟大学歯学部土田幸弘助手、実験にご協力頂きました新潟大学歯学部歯科補綴学第一講座の諸先生に厚くお礼申し上げます。

なお、本研究の一部は、第 92 回日本補綴歯科学会学術大会 (1994 年 11 月 4 日、鹿児島市) において発表した。

文 献

- 1) 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 : 409-417, 1987.
- 2) Jarabak JR. An electromyographic analysis of muscular and temporomandibular joint disturbances due to imbalances in occlusion. Angle Orthod 26 : 170-190, 1956.
- 3) Franks AST. Masticatory muscle hyperactivity and temporomandibular joint dysfunction. J Prosthet Dent 15 : 1122-1131, 1965.
- 4) 藤田直輝. 咀嚼筋緊張に関する筋電図学的研究. 補綴誌 17 : 20-30, 1973.
- 5) 藍 稔. 顎機能異常 咬合からのアプローチ 35-37, 東京 : 医歯薬出版, 1983.
- 6) 河村哲夫. 下顎運動時における頸部の筋の活動性に関する筋電図学的検討. 口病誌 50 : 94-115, 1983.
- 7) 小林 博, 吉田恵一, 三浦宏之ほか. 表面電極と針電極による胸鎖乳突筋の活動. 顎機能 5 : 53-60, 1986.
- 8) 河野正司, 三浦宏之, 吉田恵一ほか. アンテリアル・ガイダンスの不良と胸鎖乳突筋にみられる疼痛. 顎機能 3 : 195-198, 1985.

- 9) Miles TS, Madigan ML. Programming of antagonist muscle stiffness during masticatory muscle unloading in man. *Arch Oral Biol* 28 : 947-951, 1983.
- 10) Manns A, Miralles R, Palazzi C. EMG, bite force, and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 42 : 674-682, 1979.
- 11) 鍋島竜将. 咬合高径が筋線維伝導速度および筋疲労に及ぼす影響. *補綴誌* 39 : 135-145, 1995.
- 12) 岡根秀明, 津島隆司, 三善陸郎ほか. 電極の位置と極間抵抗が咬筋筋電図に及ぼす影響について. *補綴誌* 23 : 165-167, 1979.
- 13) 堀 浩. 筋電図の手引き 33-34, 東京:南山堂, 1981.
- 14) 堀 浩, 下河内 稔, 西浦信博ほか. 脳波・筋電図用語辞典 381, 大阪:永井書店, 1991.
- 15) Clark GT, Carter MC. Electromyographic study of human jaw-muscle endurance, fatigue and recovery at various isometric force levels. *Arch Oral Biol* 30 : 563-569, 1985.
- 16) 水井雅則. ヒト咬筋における誘発筋電図の臨床的意義. *歯科医学* 56 : 17-32, 1993.
- 17) Kroon GW, Naeije M, Hansson TL. Electromyographic power-spectrum changes during repeated fatiguing contraction of the human masseter muscle. *Arch Oral Biol* 31 : 603-608, 1986.
- 18) Cailliet R (荻島秀男). *Pain : Mechanisms and Management edition 1 (痛み, 東京:医歯薬出版, 1994)*, 1993.
- 19) Monteiro A, Kopp S. Estimation of blood flow by Xe clearance in human masseter muscle during rest, endurance of isometric contraction, and recover. *Arch Oral Biol* 33 : 561-565, 1988.
- 20) Bowers WD, Hibbard RW, Smoake JA et al. Effects of exercise on the ultrastructure of skeletal muscle. *Am J Physiol* 227 : 313-316, 1974.
- 21) Jones DA. Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed onset pain. *J Physiol (Lond)* 412 : 415-427, 1989.
- 22) 村松瑞人, 小林 博, 河野正司ほか. 振幅値に注目した筋電図分析—振幅密度分析—. *顎機能誌* 1 : 175-182, 1994.
- 23) Korber K (田端恒雄, 河野正司, 福島俊士). *Zahnartliche prothetik (ケルバーの補綴学 第1巻 39-66, 東京:クインテッセンス出版, 1982)*, 1980.
- 24) 加藤 均. 歯周組織の機能状態に関する研究 第2報 臼歯の機能時の変位と安静時の脈動. *補綴誌* 26 : 133-147, 1982.
- 25) Amano N, Funakoshi M. Tonic periodontal-masseteric reflex in man. *J Gifu Dent Soc* 3 : 182-183, 1976.
- 26) 船越正也. *病態口腔生理学* 49-60, 東京:学研書院, 1990.
- 27) Lund JP, Olsson KA. The importance of reflexes and their control during jaw movement. *Trends Neurosci* 6 : 458-463, 1983.
- 28) Stohler CS, Wang JS, Veerasarn P. Motor unit behavior in response to experimental muscle pain. *J Dent Res* 69 (special issue) : 273, 1990.