

咀嚼筋における実験的疲労と筋放電リズムの関連

津賀 一弘, 佐藤 裕二, 山内 順
細川 隆司, 赤川 安正

Fatigue and Chewing Rhythm in Human Masticatory Muscle

Kazuhiro Tsuga, Yuuji Sato, Jun Yamauchi, Ryuji Hosokawa and Yasumasa Akagawa

(平成9年3月14日受付)

緒 言

顎機能異常 (Temporomandibular disorder: TMD) における咀嚼筋の「不快感」や「痛み」などの咀嚼筋症状は、多くの患者に認められ、その改善や消失が治療効果の重要な判定指標とされている。しかし、咀嚼筋症状の診査や評価には、問診や触診など患者の主観を利用することがほとんどのため、規格性や再現性に疑問がある。現在までこの筋症状を適確に規定した臨床研究は見当たらない。

筋症状との関連が最も強く疑われるのは、意識的・無意識的な運動による疲労と考えられる。しかし、筋症状を有する患者の日常の筋疲労を規定することは難しい。そこで TMD の筋症状に類似した症状を呈すると言われる delayed onset muscle pain¹⁾ に着目し、正常被験者に delayed onset muscle pain を誘発し、経時的な咀嚼筋機能の筋電図評価と比較検討することにより、従来主観的 (自覚的) にしか把握できなかった筋症状の客観的 (他覚的) 評価が行える可能性がある。

これら TMD 研究の現状の問題点と仮説に基づき、本研究は咀嚼筋症状の確実な評価に裏付けられた臨床研究の必要性から、その症状評価法の開発を目的として、筋電図の応用について検討した。

材料ならびに方法

被験者は本研究が比較的過酷であることに鑑み、インフォームドコンセントの得られた有歯顎成人男性4名 (年齢23~27歳) とした。

筋活動は両側側頭筋筋部および咬筋に極間距離 30 mm にて貼付した表面電極より双極性に導出し、Sirognathograph[®] (Siemens 社製) による下顎切歯点の運動軌跡と同時記録した。

実験的筋疲労負荷

被験者に両側咬筋の筋活動を累積積分した波形表示を見せて、この電位が最大噛み締め時の50%となるくらいしばりを、1分間の休憩をはさんで可能な限り繰り返し行わせ、実験的に強い疲労を負荷した (図1)。この delayed onset muscle pain 誘発のための噛みしめの際は、被験者間での咬合接触条件の相異と噛みしめによる不可逆的侵襲を予防するため、上顎歯列に咬合挙上板を装着させた。この挙上板は下顎前歯切縁と臼歯機能咬頭頂が接触し、挙上量が前歯部で 10 mm となるように光重合型床用 resin で作製し、予め被験者の口腔内で入念に調整した。

試験運動と評価

筋症状と筋電図の測定・評価は、実験的疲労負荷前、疲労負荷24, 48, 72時間、1週間後の各時点で行った。測定・評価のための試験運動は、チューインガムを自由咀嚼で軟化させた後での習慣性咀嚼側における片側咀嚼運動とし、津賀²⁾の方法で分析した。筋症状はこの試験運動実行中の自覚的筋症状を「咀嚼筋の痛み」と「動かしにくさ」の2項目について長さ 100 mm の visual analogue scale (VAS) を用いて評価した。症状の全く無い状態を 0 mm, 「痛み」は「想像できる最大の痛み」を、「あごの動かしにくさ」は「実験的疲労負荷直後に同じチューインガムを咀嚼させたときのあごの動かしにくさ」を 100 mm とした。

筋電図の評価パラメータは、咀嚼 1 stroke あたり

広島大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任: 赤川安正教授) 本論文の要旨は平成8年11月29日 Asian Academy of Cranio mandibular Disorders (AACMD) 日本総会にて発表した。

実験的疲労負荷方法

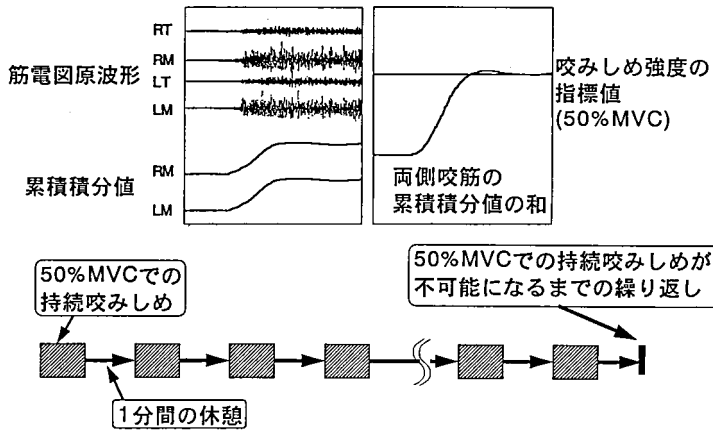


図1 実験的疲労負荷方法.

の筋放電持続時間, 筋放電間隔, 筋放電周期の平均値と変異係数を連続した 15 strokes より算出し, また筋放電持続時間の平均値を筋放電周期の平均値で除した値 (D/C) による測定値の標準化を行い, いずれも自覚的筋症状との関連を検討した。

結果

自覚的評価で「痛み」を認めたのは 4 名中 2 名で, うち被験者 1 は疲労 48 時間後のみで「痛み」を感じ, 被験者 2 では疲労 24 時間後から 48 時間後にかけて増加した痛みが 72 時間後には減少した (図 2)。

自覚的評価項目「咀嚼時のあごの動かしにくさ」(図 3) は, 個人差はあるものの全被験者において, 再度の「あごの動かしにくさ」が認められ, 比較的 VAS の大きい被験者 1, 2, 4 では 48 時間後にピークを示した。最も VAS の小さい被験者では 72 時間後

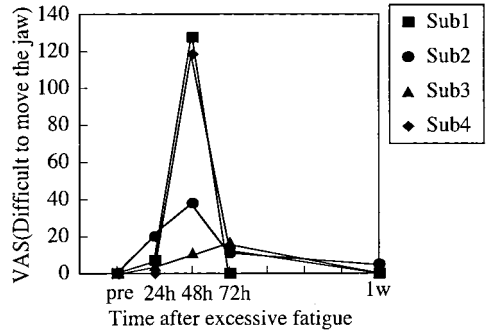


図3 チューインガム咀嚼時のあごの動かしにくさの経日的変化.

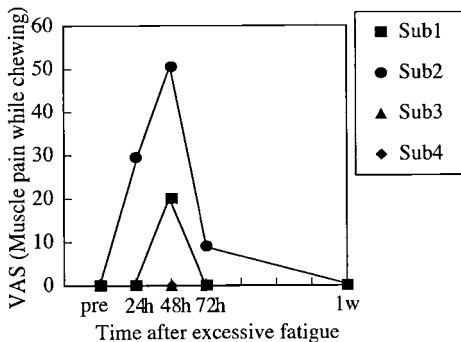


図2 チューインガム咀嚼時の咀嚼筋の痛みの経日的変化.

に更に増加したが, 全被験者で 1 週間後にはほぼ消失した。

筋放電持続時間, 筋放電間隔および筋放電周期の経日的増減パターンは, 何れの被験者でも咬筋と側頭筋で類似していたが個人差が大きく, 一定の傾向は認められなかった。図 4 に一例として咀嚼側咬筋の筋放電持続時間の結果を示す。

咀嚼側咬筋の筋放電持続時間および筋放電間隔の変異係数の経日的変化 (図 5, 6) は平均値と同様に多様な個人差が認められたが, いずれの被験者のどの時点の測定値も, 過去に著者の一人²⁾が個性正常咬合を有する成人女性 30 名を用いて今回用いた分析システムで分析した報告の正常範囲に入っていた。

個体差を標準化した D/C は, 被験者 3 名で 24 時間後に最も増加し, その後徐々に回復した (図 7)。この 3 名は比較的自覚症状の強かったもので, 筋症状に先行して D/C の値が変化していた。異なった経時的

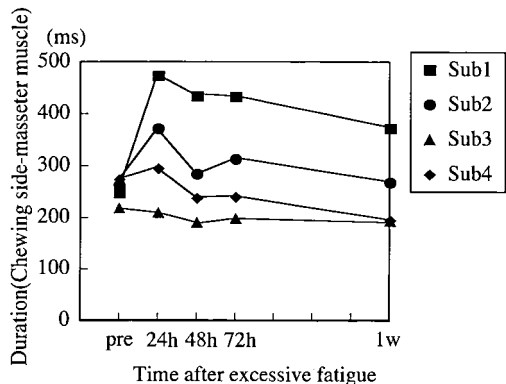


図4 咀嚼側咬筋の筋放電持続時間の経日的変化。

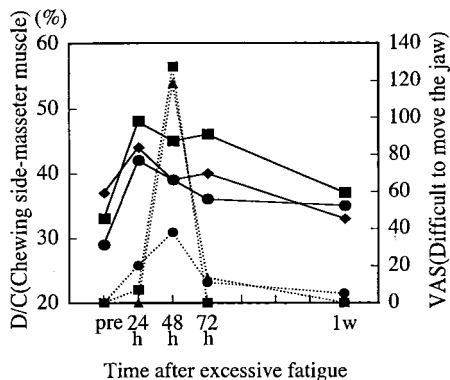


図7 被験者1 (■), 2 (●), 4 (◆) の D/C (実線) とあごの動かしにくさ (破線) の経日的変化。

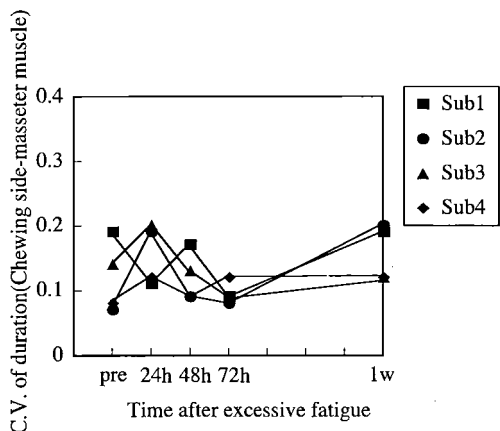


図5 咀嚼側咬筋の筋放電持続時間の変異係数 (C.V) の経日的変化。

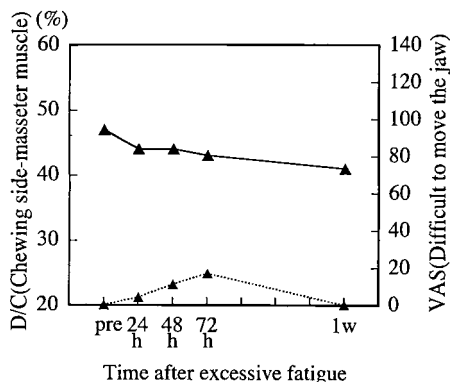


図8 被験者3の D/C (実線) とあごの動かしにくさ (破線) の経日的変化。

変化パターンを示した被験者3 (図8) は、測定時最も症状が弱く、D/C の変化もわずかであった。

考 察

咀嚼筋の疼痛は、TMD 患者に最も頻繁に認められる症状である³⁾。

Delayed onset muscle pain は Newham¹⁾ によれば、「偏心位での不慣れな強い収縮運動の結果、運動の直後ではなく約8時間後より始まり、1~2日後に最大となる筋の痛み」と定義される。杉崎⁴⁾ は TMD における筋痛の病態分類において、Delayed onset muscle pain を筋痛の一因としているが、TMD の臨床では Bruxism と筋痛の強い関連性が広く経験されることから妥当なところと考えられる。

Delayed onset muscle pain について四肢筋では Jones ら⁵⁾ の報告が見られる。顎口腔系においては、疲労負荷による実験的な疼痛の誘発を Christensen⁶⁾,

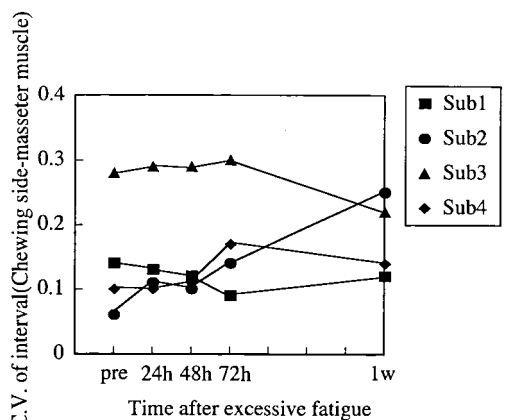


図6 咀嚼側咬筋の筋放電間隔の変異係数 (C.V) の経日的変化。

Scott & Lundeen⁷⁾が報告している。Christensen⁶⁾の誘発した疼痛は、疲労負荷後およそ48時間まで、咀嚼筋以外にも顎関節部や歯牙等に広く認められる。これは疲労負荷方法が右側でのbruxismの長時間(30分間)の持続で、歯牙や顎関節部が保護されていなかったためと考えられる。本研究ではこの点に配慮し、咬合挙上板を装着させて、ほぼ左右均等に咬みしめを行わせることで、可及的に閉口筋のみに疲労負荷を行った。その結果、疲労負荷後に顎関節や歯牙の異常を訴えたものはなかった。

またScott & Lundeen⁷⁾は下顎を5分間前方に大きく突き出させることにより外側翼突筋に疲労を誘発しTMDに類似した疼痛症状と報告しているが、これは負荷直後のみの観察である。咀嚼筋疲労からの回復過程に関する筋電図学的研究は、負荷後30分までを詳細に検討した田村⁸⁾の報告のみで、疲労負荷30分以降で症状と筋電図の関連および経過を追った報告は見当たらない。

本研究で誘発した筋症状が、全ての被験者において1週間後には消失したこと、および症状を有する時の筋電図学的検査結果が正常範囲²⁾に入っていたことより、今回のdelayed onset muscle pain誘発法は可逆性であり、さらに過大なものでなく、今後さらに多数の正常被験者を用いた研究での使用が可能であると考えている。

中村⁹⁾によると、咀嚼運動は、大脳皮質の皮質咀嚼野からの連続的入力を脳幹の咀嚼リズム発生器と呼ばれるニューロン集団がリズムカルなインパルス系列としての出力に変換し、顎筋及び舌筋の各々の支配神経を通じて起こる、基本的には習慣的かつ無意識的な運動である。その上で、中枢神経系が顎口腔系からの感覚情報を絶えず受容し、協調的な機能運動としての咀嚼運動を営んでいる。本研究における実験的筋疲労負荷が脳幹より上位中枢に与える影響は一過性で、結果に現れたような咀嚼リズム発生に影響を与える神経経路としては、主として末梢の、特に咬合挙上板により可及的に保護を図った顎関節と歯根膜以外であり、閉口筋群からの求心性インパルスの影響の可能性が最も強い。また、筋繊維自体のダメージについて、四肢筋でIsotope uptakeとCreatine kinaseを用いたNewhamら¹⁰⁾の報告では、ダメージは確かに存在し、疼痛がダメージに先行していた。この知見と今回の結果を併せると、筋症状、神経筋機構の機能的変化及び組織学的変化はやはり単一に説明できるものではないが、筋電図学的な咀嚼リズムに変化が最も先行して現れたことより、咀嚼を対象とした筋電図学的検査による疲労性の疼痛状態評価の妥当性が示唆された。

筋放電持続時間の平均値や変異係数の結果は上述正常範囲に入っているが故に、症状の影響よりも個体差が大きく、この個体差を補正する目的で筋放電持続時間の平均値を筋放電周期の平均値で除した値(D/C)による測定値の標準化を行い、症状の変動に先行して変化する傾向が観察される。

Bruxismが疑われる患者においては、継続的・反復的な筋収縮運動によるトレーニング効果や適応も考慮しなければならない。これは、本研究中の被験者3で自覚症状の変化が乏しかったことについての考えられる理由の一つとなるかもしれない。今後bruxismの患者における筋収縮運動の頻度についてまず明らかにする必要がある。本研究の結果はすべての筋症状がdelayed onset muscle painで説明できるということではなく、一部とりわけ急性の筋症状の有力な原因を示唆するものと考えられる。

本研究で誘発し得たdelayed onset muscle painがTMD患者における筋症状と同一のものである確証は無いものの、否定される論拠も無い。少なくとも本研究で誘発された疼痛と筋電図学的変化の原因が強度のくいしばりの持続であることは明らかであるため、実際のTMD患者における疼痛が一時的な過度の疲労によるものか否かの筋電図学的鑑別診断に本研究結果の応用が考えられる。

結 論

1. 有歯顎成人男性4名に規定した過度のくいしばりを行わせることにより、後日発現する可逆的な筋症状が誘発された。
2. チューイング時咀嚼時の筋活動の経日的変化には個人差があった。
3. 筋放電周期に占める筋放電持続時間の割合の経日的変化は比較的共通性があり、筋症状の変化にやや先行していた。
4. 以上の結果より、過度の筋疲労に起因する主観的な筋症状を、咀嚼筋筋電図を用いて客観的に評価できる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Newham, D.J.: The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *Eur. J. Appl. Physiol.* **57**, 353-9, 1988.
- 2) 津賀一弘: 顎機能評価法としての咀嚼筋筋電図新分析システムの開発とその応用に関する研究. 広歯誌 **21**, 44-59, 1989.
- 3) De Boever, J.A.: Functional disturbances of the temporomandibular joint; in *Temporomandibular*

- joint function and dysfunction (Zarb, G.A. and Carlsson, G.E., editors). Munksgaard, Copenhagen, 193-214, 1979.
- 4) 杉崎正志：顎関節症における筋痛病態；in 顎関節症小事典（Ⅱ）（上村修三郎，杉崎正志，柴田孝典，覚道健治，木野孔司，篠倉均，野村修一，森本俊文編著），日本歯科評論社，東京，138-145, 1993.
 - 5) Jones, D.A., Newham, D.J. and Torgan, C.: Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain. *J. Physiol. Lond.* **412**, 415-27, 1989.
 - 6) Christensen, L.V.: Facial pain and internal pressure of masseter muscle in experimental bruxism in man. *Archs oral Biol* **16**, 1021-1031, 1971.
 - 7) Scott, D.S. and Lundeen, T.F.: Myofascial pain involving the masticatory muscles: an experimental model. *Pain* **8**, 207-215, 1980.
 - 8) 田村秀俊：咀嚼筋電図の周波数分析に関する実験的研究. 広大歯誌 **20**, 125-141, 1988.
 - 9) 中村嘉男：咀嚼運動リズムの形成機構. 神経進歩 **30**, 237-250, 1986.
 - 10) Newham, D.J., Jones, D.A., Tolfree, S.E. and Edwards, R.H.: Skeletal muscle damage: a study of isotope uptake, enzyme efflux and pain after stepping. *Eur. J. Appl. Physiol.* **55**, 106-12, 1986.