原 著 論 文

咬みしめ負荷前後における咀嚼筋痛患者の 咬筋部圧痛閾値の変化

神田 尚典

Pressure Pain Threshold Changes in Masseter Muscle before and after Sustained Maximum Voluntary Contraction in the Patients with Masticatory Muscle Pain

Takanori Kanda

Abstract : To understand the intrinsic factors of the pain sensitivity in patients with masticatory muscle pain, pressure pain threshold (PPT) changes in masseter muscles were measured before and after clenching.

Twenty-one outpatients (7 males, 14 females, aged 37.6 ± 14.3) with unilateral masseter muscle pain lasting longer than 6 months were enrolled in the experimental group, and 19 healthy volunteers (7 males, 12 females, aged 41.7 ± 7.4) were enrolled in the control group.

PPT measurement was performed before, right after, 30 min after, and 60 min after clenching. All the PPT data were evaluated by using the one before clenching as the relative value of 100.

During clenching, surface EMGs were recorded from both masseter muscles.

All the recordings were performed on the day that the subjects did not feel any pain in the target region. Although little change was found in normalized PPTs on the control side of the control group and the symptomatic side of the experimental group at right after, 30 min after, and 60 min after clenching, those on the asymptomatic side increased to 111.9 and 113.6 at 30 min after and 60 min after clenching, respectively. Statistical significance was found in the PPTs between the asymptomatic side (111.9 ± 23.0) and the symptomatic side (95.7 ± 14.7) at 30 min after clenching (repeated measures ANOVA).

From the results, it was considered that the PPTs measurement before and after clenching task could be suitable parameters for diagnosis of chronic masticatory muscle pain in patients.

Key words : masticatory muscle pain, pressure pain threshold, pain sensitivity, EMG

I. 緒 言

近年、歯科外来を訪れる顎機能異常者の数は、増加傾向にある¹⁻³⁾。顎機能異常者の訴える主症状には運動障害、開口制限、関節雑音、疼痛があり、なかでも疼痛は顎機能

異常者にとって重大な苦痛となっている⁴⁻⁶⁾。咀嚼筋痛は関節痛に比べ経過が長くなることが知られており、ストレスの関与、ならびにブラキシズムなどの異常習癖による咀嚼筋の血行障害が寄与因子として考えられている⁵⁻⁷⁾。咀嚼筋痛は、症状の発現している時期と症状のない時期を繰り返し、症状の持続する期間も一定ではない。このため、治療効果および予後の判定が難しく、また患者自身は不定期に繰り返す痛みにより肉体的、精神的に悩まされることになる⁵⁻⁷⁾。

咀嚼筋痛が慢性化すると患者の苦痛はさらに深刻にな

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座（指導：石橋寛二教授）
Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry, Iwate
Medical University (Director : Prof. Kanji Ishibashi)
平成9年9月16日受付

る^{5,7)}。慢性化した咀嚼筋痛の場合、中枢および末梢の疼痛感受性の調節に関与する因子が影響を及ぼすといわれているが⁸⁻¹⁰⁾、いまだその病態は明らかでない。そのため、慢性化した咀嚼筋痛に対する治療方法、治療効果の判定方法は確立されていない。

咀嚼筋痛患者に対する臨床診査項目のなかで痛みに対する評価は重要であり、圧痛閾値 (PPT) 測定は咀嚼筋痛患者の疼痛感受性に対する客観的評価法の 1 つとして推奨されてきた^{5,6,11,12)}。症状の発現している時期の咀嚼筋痛患者の PPT が正常者の PPT に比べて低い値を示すことが報告されている¹²⁻¹⁸⁾。一方、症状のない時期の咀嚼筋痛患者の疼痛感受性については、いまだ明確に報告されたものではなく、この時期の咀嚼筋痛患者の疼痛感受性について知ることは、咀嚼筋痛患者に対する診断、予後の推察、治療効果の判定さらには慢性化した咀嚼筋痛患者の病態の解明の一助となるものと考えられる。

そこで、本研究では、症状がない時期の咀嚼筋痛患者を対象に、咀嚼筋痛の増悪因子といわれている咬みしめ負荷を行わせ、その前後の PPT を測定し、疼痛感受性の経時的变化を検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

天然歯またはクラウン・ブリッジにより左右両側大臼歯部での最大咬みしめが可能で、実験の主旨を理解し同意が得られた成人 40 名を被験者とした。それを実験群と対照群に設定して実験を行った。

1) 実験群

片側咬筋に 6 カ月以上の長期にわたり、繰り返し発現する自覚的な咀嚼筋痛を訴えて、岩手医科大学歯学部附属病院第二補綴科を受診した 21 名 (男性 7 名、女性 14 名、平均年齢 37.6 ± 14.3 歳) を実験群とした。筋痛の症状のある側を症状側、症状のない側を無症状側とした。

測定時には実験群に疼痛の症状がないことを確認して測

定を行った。

2) 対照群

顎機能に異常がなく顎顔面に筋痛の既往のない 19 名 (男性 7 名、女性 12 名、平均年齢 41.7 ± 7.4 歳) を対照群とした。

2. 装置および評価方法

1) PPT 測定および評価方法

本実験には東海林ら¹⁹⁾の PPT 測定システムを用いた (図 1)。電気刺激装置 (日本光電製 SEN-7203) からの矩形波を積分ユニット (日本電気三栄製 1322) で積分することにより等速度で電圧が変化する先導波形を作る。加圧量はストレインゲージ式荷重変換器 (Shinkoh 製 U3C1) で検知され、ストレインアンプ (共和電業製 DMP 911 A) で電圧変換された後、差動増幅器 (日本電気三栄製 1170) によって増幅される。先導波形および差動増幅器からの信号を、オシロスコープ上で一致させるように加圧することにより、一定の加圧速度を規定することができる。被験者は圧感覚が痛みに変わった時点でアラームボタンを押し、ブザーを鳴らす。この時点で験者は加圧を停止する。これら 3 つの信号をコンピュータ (日本電気三栄製シグナルプロセッサ 7T18) に入力し、フロッピーディスクに記録した後、東海林らの方法¹⁹⁻²¹⁾に準じて PPT を分析する。荷重変換器には直径 10 mm の円柱状の加圧チップが取り付けられており、その先端には厚さ 4 mm のスポンジラバーが貼付されている (図 2)。

コンピュータのディスプレイ上に表示された PPT の分析結果例を図 3 に示す。被験者がアラームスイッチを押した時点での差動増幅器からの電圧が PPT として表示される。本装置は PPT 測定時の加圧過程も分析することができる (図 4)。差動増幅器からの信号を AD 変換し、加圧量と経過時間の回帰直線から加圧速度を求める。この回帰直線の残渣を求めることで、加圧速度の安定性を確認し、

図 1 Block diagram of pressure pain measuring system
圧痛測定システムのブロックダイアグラム

図 2 Probe of pressure algometer
圧測定探子

図 3 Schematic configuration of signals for PPT analysis

A : target signal, B : output signal from pressure load cell, C : alarm signal, D : PPT 圧痛閾値分析結果の表示

A : 先導信号, B : 荷重変換器からの信号, C : アラームスイッチの信号, D : PPT

加圧過程を評価する。

下顎安静位をとらせた被験者の口角と耳珠後縁を結んだ直線上において、咬筋の前縁と後縁の midpoint をマークし加圧部位とした¹⁹⁻²¹⁾。

ストレインゲージ式荷重変換器に取り付けた加圧チップにて加圧速度を 0.5 kgf/s に規定し、加圧部位に対して垂直に加圧した。咬みしめ負荷前の PPT を測定後、被験者に最大咬みしめを行わせ、咬みしめ負荷終了直後、咬みしめ終了 30 分後および咬みしめ終了 60 分後の PPT を測定した。

各測定時に、左側から左右交互に 1 分間のインターバルで、各側 3 回の PPT 測定を行い、平均値を被験者の PPT として評価した。

PPT の実測値および咬みしめ負荷前の PPT を 100 とした相対値について検討した。

2) 筋電図記録および評価方法

直径 10 mm の Ag-AgCl 皿状表面電極を、咬筋の走行と平行に、電極中心間距離 35 mm として加圧部位をはさんで貼付し、双極誘導法にて咬筋筋電図 (EMG) を導出し、データレコーダ (TEAC 社製 XR-50) に記録した。不関電極は右側耳朶に貼付した。筋電計の時定数を 0.03 s, low pass filter を 1,000 Hz とした。被験者に、咬みしめ負荷時の咬筋 EMG 波形をモニターにて視覚的にフィードバックしながら咬みしめ負荷を行わせた。

咬みしめ負荷に際しては、疼痛または不快感により咬みしめが持続できなくなるまで被験者に最大咬みしめを続けるよう指示した。松田らの方法²²⁻²⁴⁾に準じて、咬みしめ持続時間、咬みしめ開始後の 5 s 間、咬みしめ終了前 5 s 間の筋電図周波数成分および筋活動量を分析し、Mean power frequency (MPF 値) および積分値を評価した。

図 4 An example of the actual output signal and regression line

A : actual output signal from load cell, B : regression line, C : pressure increment rate, D : PPT (gf), E : residual variance

出力信号と回帰直線の表示

A : 加圧過程, B : 回帰直線, C : 加圧速度 (gf/sec), D : PPT (gf), E : 残渣分散

3) 統計処理

本研究の測定結果の統計処理には repeated measures ANOVA を使い、post-hoc test には Scheffer 法を用いた。

III. 結 果

咬みしめ負荷直後の筋の疲労感および痛みについて被験者に尋ねたところ、すべての被験者が疲労感ないし痛みを自覚していた。この疲労感および痛みの症状は、咬みしめ負荷 30 分後には、すべての被験者で消失していた。

1. PPT

1) 実測値

咬みしめ負荷前の対照群の左右側、実験群の無症状側、症状側、すべての測定側の間で有意差は認められなかった (図 5)。そこで、対照群については、左側の PPT を代表値とし、対照側として以降の分析に用いた。

各測定時における PPT を図 6 に示す。

咬みしめ負荷前では、対照側、症状側、無症状側の順で高い値を示したが、統計学的には有意差は認められなかった。

対照側、無症状側、症状側各々で、咬みしめ負荷前と各測定時の間で、有意差は認められなかった。

各測定時における対照側、無症状側、症状側の間に有意差は認められなかった。

咬みしめ負荷直後では、対照側、無症状側、症状側のすべてで PPT が上昇する傾向を示したが、咬みしめ前の値に対して有意差は認められなかった。咬みしめ負荷 30 分後には、対照側および症状側の PPT は低下し、症状側では咬みしめ前に対して低い値を示した。一方、無症状側で

図 5 PPT values before clenching
咬みしめ負荷前の PPT

図 6 PPT changes before and after clenching
咬みしめ負荷前後の PPT の変化

は、さらに上昇を続けた。咬みしめ負荷 60 分後では、対照側の PPT は低下した。症状側の PPT は上昇したが、咬みしめ負荷前に比べ、低い値を示した。無症状側では低下したが、咬みしめ負荷前および咬みしめ負荷直後に比べ、高い値を示した。

2) 相対値

咬みしめ負荷前の PPT を 100 とし、相対値による咬みしめ負荷後の疼痛感受性の経時的推移を図 7 に示す。

咬みしめ負荷直後には、対照側、無症状側、症状側の各々で、104.9、103.4、103.7 と咬みしめ負荷前に比べ高い値を示した。咬みしめ負荷 30 分後には、対照側および症状側では降下し、対照側で 100.3、症状側で 95.7 と咬みしめ負荷前に近い値を示した。一方、無症状側では、111.9 とさらに上昇し、症状側に対して有意差が認められた ($p < 0.05$)。咬みしめ負荷 60 分後には、対照側および症状側では 100.5、99.2 と大きな変化を示さなかったが、無症状側では 113.6 とさらに上昇した。

2. 咬筋 EMG

対照群、実験群の咬みしめ持続時間は、各々 42.9 ± 21.6

図 7 Relative PPTs after clenching as of values before clenching set at 100
咬みしめ負荷前の PPT を 100 とした咬みしめ負荷後の PPT の相対評価

図 8 MPF values of masseter muscle EMG for first and last five seconds-period during clenching
咬みしめ負荷開始 5 秒間と咬みしめ負荷終了前 5 秒間の咬筋 EMG の MPF 値

s, 43.7 ± 26.9 s であり、両群間に有意差は認められなかった。

1) MPF 値

対照側、無症状側、症状側の咬みしめ開始後 5 s 間では、 166.2 ± 30.7 , 168.8 ± 34.4 , 164.6 ± 35.0 Hz と、各々の間に有意差は認められなかった。また、咬みしめ終了前 5 s 間では、 130.8 ± 37.8 , 133.8 ± 37.8 , 128.2 ± 36.1 Hz であり、各々の間に有意差は認められなかった。

対照側、無症状側、症状側のいずれにおいても、咬みしめ開始後 5 s 間と咬みしめ終了前 5 s 間の間に有意差が認められた ($p < 0.05$) (図 8)。

2) 積分値

対照側、無症状側、症状側の咬みしめ開始後 5 s 間では、 $2,176.8 \pm 1,151.9$, $2,639.6 \pm 1,721.8$, $2,260.7 \pm 1,217.3 \mu V \cdot s$ と、各々の間に有意差は認められなかった。また、咬みしめ終了前 5 s 間では、 $1,684.3 \pm 1,139.7$, $1,723.0 \pm 1,055.9$, $1,769.3 \pm 1,126.7 \mu V \cdot s$ であり、各々の間に有意差は認められなかった。対照側、無症状側、症状側のいずれにおいても、咬みしめ開始後 5 s 間と咬みしめ終了前 5 s 間の間に有意差が認められた ($p < 0.05$) (図 9)。

図9 Integrated EMG values of masseter muscle for first and last five second-period during clenching
咬みしめ負荷開始5秒間と咬みしめ終了前5秒間の咬筋EMGの積分値

IV. 考 察

PPT 測定は顎機能異常者の疼痛感受性を客観的に評価する方法として推奨されてきた^{5,6,11,12)}。症状がある時期の咀嚼筋痛患者を対象に PPT 測定を行った場合、症状のない側の PPT に比較して、症状のある側の PPT の低下がみられることが多く、咀嚼筋痛患者の疼痛感受性の変化が示唆されている⁸⁻¹⁰⁾。しかし、症状のない時期の咀嚼筋痛患者の疼痛感受性については明確な報告がなく、この時期の疼痛感受性を探ることは、咀嚼筋痛患者の病態を知るうえで興味深いところである。

本実験の測定時において、実験群に痛みの自覚症状がなかったこと、対照側、無症状側、症状側の咬みしめ負荷前の PPT に有意差が認められなかったことから、測定時の実験群には痛みの症状がなかったことが確認された。PPT 測定時には、同一の験者が加圧面積、加圧速度を一定に規定して行われるべきで^{19,25-28)}、本実験ではその条件下で PPT 測定を行った。また、同一部位の PPT 測定を、Ohrbach ら²⁷⁾は 2 回、東海林²⁰⁾は 3 回行い、その平均値で PPT を評価することが有効であると報告している。本実験でも同様に、各測定時に測定のインターバルを 1 分間として、左右交互に各々 3 回の PPT 測定を行い、その平均値を代表値とした。このため、各測定時で、最初の左側の PPT 測定から最終の右側の PPT 測定に要する時間は 5 分であった。Kosek ら²⁹⁾は、大腿四頭筋において疲労負荷前後の PPT 測定を行い、疲労負荷後 5 分間は疼痛感受性の低下が続いたことを報告している。本実験では最大咬みしめによる筋疲労を負荷しており、Kosek らの疲労負荷が最大収縮の 21% 随意等尺性収縮で行ったことを考慮すれば、本実験の測定に要した 5 分間は筋疲労が疼痛感受性に及ぼす影響が持続したのと考えられる。このことから、咬みしめ負荷直後の PPT 測定結果は疲労負荷直後の PPT を十分に反映したものであったと考える。

一方、咬筋 EMG 記録分析において、対照群と実験群の間の咬みしめ持続時間に差がなかったこと、咬みしめ開始後 5 s 間における対照側、無症状側、症状側の間で MPF 値、積分値に差がなかったこと、対照側、無症状側、症状側各々の、咬みしめ終了前 5 s 間の MPF 値および積分値が咬みしめ開始後 5 s 間に比べ有意に低下したことから、咬みしめによる疲労が両群に同程度に負荷されたことが確認された^{24,30-32)}。

本実験では、疼痛または不快感により咬みしめが持続できなくなるまで、被験者に最大咬みしめを行わせた。咬みしめを負荷することにより咬筋は収縮し、発痛物質および発痛増強物質を含む代謝産物を産生する。同時に筋は虚血を引き起こし、さらに虚血に陥った筋そのものが収縮あるいは拘縮し、ますます虚血が進行する。この結果、発痛物質ならびに発痛増強物質を含む代謝産物が血流により運搬されることなく蓄積し、筋痛が発生したのと考えられる⁷⁾。

以上のことから、本実験の測定条件の設定は、症状のない時期の咀嚼筋痛患者に咬みしめにより疲労を負荷し、実験的に痛みを誘発させた前後における疼痛感受性の変化を探るという、本実験の目的の主旨を十分満たしており、妥当なものであったと考える。

症状側咬筋を保護するために、無症状側咬筋は日常生活において代償的な活動を強いられていることが考えられる。そのために無症状側咬筋では筋疲労が生じており、疼痛感受性の上昇が生じていた可能性がある。このことが、咬みしめ負荷前の PPT において無症状側よりも症状側のほうが高い傾向を示した原因の 1 つとして考えられる。

咬みしめ負荷中および直後の PPT が上昇するという報告は多い³⁰⁻³³⁾。本実験においても咬みしめ負荷直後にすべての測定側で PPT は上昇する傾向を示し、疼痛感受性の低下が確認された。組織を侵襲するような有害な一次侵害性刺激が加わったとき PPT が上昇することが知られている。一次有害刺激に対する疼痛抑制機構の説明の 1 つとして、Melzack と Wall が提唱したゲートコントロール説³³⁾がある。McMillan ら³⁴⁾は、咬みしめという一次有害刺激に対する抑制機構が、痛みの感受性の調節に関与し PPT を上昇させる可能性を示唆している。咬みしめ負荷直後の対照群、実験群のいずれにおいても PPT に上昇の傾向が認められたことから、一次有害刺激に対する抑制は両群に同様に作用したことが確認された。

PPT には個人差があるため PPT の経時的変化を比較する場合、相対値による評価法が有効である²⁰⁾。本実験では、咬みしめ負荷前の PPT を 100 とし、咬みしめ負荷後の PPT を相対値で評価した。その結果、対照側と症状側では咬みしめ負荷直後に一度上昇し、30 分後には下降するという類似した推移を示し、60 分後には咬みしめ前の値に戻った。一方、無症状側では、咬みしめ負荷直後より

60分後に至るまで上昇を続ける傾向が認められ、対照側および症状側とは異なった推移を示した。近年、痛みの慢性化には末梢の局所的な因子だけではなく、中枢側の精神的な因子の関与が考えられている³⁵⁾。実験群は6カ月以上の長期にわたる咀嚼筋痛を訴えていたことから、精神的因子の関与も考えられ、そのため無症状側ではPPTが上昇し続けた可能性がある。また、咬みしめ負荷後の症状側では疼痛感受性を上昇させる環境下であり、これを認知した中枢が痛みの自覚症状の発生を抑制するための下行性の抑制作用を両側性に作用させたものと推察される。そして30分後の症状側では痛みの自覚症状の発生が抑えられ、無症状側では疼痛感受性の低下が起こり、PPTが上昇した可能性が考えられる。

咬みしめ負荷前後のPPTの変化は、対照群と片側性の咀嚼筋痛からなる実験群では異なった推移を示した。このことから、本実験における測定方法は、症状のない時期の咀嚼筋痛患者の診断、予後の推察および治療効果の判定に役立つものと考えられる。

V. 結 論

片側咬筋に6カ月以上の長期に及ぶ疼痛を訴える顎機能異常者を対象に、咬みしめ負荷前後の圧痛閾値の経時的变化を調べ、以下の結論を得た。

1. 咀嚼筋痛患者に痛みの症状がない時期では、無症状側と症状側の咬みしめ負荷前の圧痛閾値に有意差は認められなかった。
2. 咀嚼筋痛患者の咬みしめ負荷後の圧痛閾値は症状側では30分後に咬みしめ負荷前と同程度に戻ったが、無症状側では上昇を続ける傾向を示した。これは長期に及ぶ疼痛により生じたものと考えられた。
3. 咬みしめ負荷前後の圧痛閾値の経時的变化を相対評価することは、咀嚼筋痛患者に対する診断、予後推察および治療効果の判定に有益な情報をもたらすものと考えられた。

稿を終えるに臨み、ご指導ならびにご校閲を賜りました石橋寛二教授に謹んで感謝の意を表します。また終始ご教示いただきました本学歯科補綴学第二講座藤澤政紀博士、本学歯科放射線学講座東海林理博士に感謝いたします。本研究に際しご協力いただきました本学歯科補綴学第二講座の諸先生方に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 武田雅江, 沖野憲司, 藤澤政紀ほか. 当科を受診した顎機能異常者の調査. 補綴誌 39: 746-751, 1995.
- 2) 小松賢一, 高地孝義, 高地智子ほか. 顎関節症の臨床統計的観察. 日顎誌 5: 89-100, 1993.
- 3) 迫田隅男, 芝 良祐, 真鍋敏彦ほか. 顎関節症の臨床統計的観察. 過去10年間の臨床統計と予後調査. 日顎誌 2: 79-88, 1990.
- 4) 栗橋龍一, 武田雅江, 沖野憲司ほか. 当科における顎機能異常者の予後調査. 補綴誌 39: 752-756, 1995.
- 5) Friction JR, Kroening RJ, Hathaway KM (藍 稔, 大西正俊). TMJ and craniofacial pain: Diagnosis and management (顎関節・頭蓋顔面領域の痛み—その診断と処置—, 東京: 医歯薬出版, 1992), 1992.
- 6) 藍 稔. 顎機能異常: 咬合からのアプローチ 201-231, 医歯薬出版, 東京, 1985.
- 7) 横田敏勝. 臨床医のための痛みのメカニズム, 東京: 南江堂, 1990.
- 8) Fillingim RB, Maixner W, Kincaid S et al. Pain sensitivity in patients with temporomandibular disorders: Relationship to clinical and psychosocial factors. Clin J Pain 12: 260-269, 1996.
- 9) Svensson P, Arendt-Nielsen L, Nielsen H et al. Effect of chronic and experimental jaw muscle pain on pain-pressure thresholds and stimulus-response curves. J Orofac Pain 9: 347-356, 1995.
- 10) Kosek E, Ekholm J, Hansson P. Increase pressure pain sensitivity in fibromyalgia patients is located deep to the skin but not restricted to muscle tissue. Pain 63: 335-339, 1995.
- 11) List T, Helkimo M, Falk G. Reliability and validity of a pressure threshold meter in recording tenderness in the masseter muscle and anterior temporalis muscle. J Craniomandib Pract 7: 223-229, 1989.
- 12) Reeves JL, Jaeger B, Graff-Radford SB. Reliability of the pressure algometer as a measure of myofascial trigger point sensitivity. Pain 24: 313-321, 1986.
- 13) Reid K, Gracely R, Dubner RA. The influence of time, facial side, and location on pain-pressure thresholds in chronic myogenous temporomandibular disorder. J Orofac Pain 8: 258-265, 1994.
- 14) McMillan A, Blasberg B. Pain-pressure threshold in painful jaw muscle following trigger point injection. J Orofac Pain 8: 384-389, 1994.
- 15) 杉崎正志, 伊介昭弘, 田辺晴康ほか. 顎関節症における加圧疼痛閾値の臨床評価. 日顎誌 6: 62-69, 1994.
- 16) List T, Helkimo M, Karlsson R. Pressure pain thresholds in patients with craniomandibular disorders before and after treatment with acupuncture and occlusal splint therapy: A controlled clinical study. J Orofac Pain 7: 275-282, 1993.
- 17) Granges G, Littlejohn G. Pressure pain threshold in pain-free subjects, in patients with chronic regional pain syndromes, and in patients with fibromyalgia syndrome. Arthritis Rheum 36: 642-646, 1993.
- 18) Antonnaci F, Bovim G, Lusia F et al. Pain threshold in human. A study with pressure algometer. Funct Neurol 7: 283-288, 1992.
- 19) 東海林 理, 川田 毅, 奥田和久ほか. 咬筋部における圧痛閾値の評価に関する検討. 顎機能 10: 39-42, 1992.

- 20) 東海林 理. 側頭筋部, 咬筋部における圧痛閾値の評価に関する検討. 補綴誌 36 : 1331-1338, 1992.
- 21) 東海林 理, 藤澤政紀, 石橋寛二. 圧痛閾値の評価法に関する検討 : 前頭筋部, 側頭筋部, 咬筋部を対象にして. 顎機能 10 : 63-66, 1992.
- 22) 松田 葉, 藤澤政紀, 川田 毅ほか. 顎機能異常者の咀嚼筋筋電図解析—咬みしめ時の Power Spectrum および筋活動量による評価—. 顎機能 7 : 195-198, 1989.
- 23) 松田 葉, 川田 毅, 石橋寛二ほか. 咬みしめ時における咀嚼筋筋電図のパワースペクトル解析—周波数帯域の経時的変化—. 顎機能 9 : 177-182, 1991.
- 24) 松田 葉. 顎機能異常者の咀嚼筋筋電図解析—ガム咀嚼と咬みしめ時を対象として—. 補綴誌 36 : 196-206, 1992.
- 25) List T, Helkimo M, Karlsson R. Influence of pressure rates on the reliability of a pressure threshold meter. J Craniomandib Disord Facial Oral Pain 5 : 173-178, 1991.
- 26) Jensen K. Quantification of tenderness by palpation and use of pressure algometers. In : Friction JR, Award E, editors, Advances in pain research and therapy 17 : Pain Research and Therapy. Myofascial pain and fibromyalgia 165-181, New York : Raven Press, 1990.
- 27) Ohrbach R, Gale EN. Pressure pain thresholds in normal muscles : reliability, measurement effects, and topographic differences. Pain 37 : 257-263, 1989.
- 28) Jensen K, Andersen HØ, Olesen J et al. Pressure-pain threshold in human temporal region. Evaluation of a new pressure algometer. Pain 25 : 313-323, 1986.
- 29) Kosek E, Ekholm J. Modulation of pressure pain thresholds during and following isometric contraction. Pain 61 : 481-486, 1995.
- 30) Christensen LV, Tran KT. Predictability of jaw muscle pains from surface electromyograms. J Oral Rehabil 23 : 283-288, 1996.
- 31) Christensen LV, Tran KT, Mohamed ZE. Gum chewing and jaw muscle fatigue and pains. J Oral Rehabil 23 : 424-437, 1996.
- 32) Christensen LV. Physiology and pathophysiology of skeletal muscle contractions. Part II. Static activity. J Oral Rehabil 13 : 463, 1986.
- 33) 池田英治, 山本 寛, 砂川光宏ほか. 痛みの末梢機序. 歯界展望 88 : 877-888, 1996.
- 34) McMillan AS, Lawson ET. Effect of tooth clenching and jaw opening on pain-pressure thresholds in the human jaw muscles. J Orofac Pain 8 : 250-257, 1994.
- 35) Okeson JP. Bell's orofacial pains. 5th ed 99-100, Chicago : Quintessence Publ Co Inc, 1995.