

学位申請論文

筋・筋膜痛患者の歯根膜感覚閾値と咬筋筋活動時間についての研究

平田 敦俊

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 機能再生・再建科学専攻

咬合・有床義歯補綴学分野

主任教授

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 咬合・有床義歯補綴学分野

皆木 省吾

緒 言

近年、本邦における顎関節症（Temporomandibular Disorder：以下、TMD と略す）の疾患概念は、“顎関節や咀嚼筋の疼痛，関節（雑）音，開口障害あるいは顎運動異常を主要症候とする障害の包括的診断名である。その病態は咀嚼筋痛障害，顎関節痛障害，顎関節円板障害および変性性顎関節症である。”と修正された¹⁾。この修正は本邦における TMD 疾患概念の変遷と国際的な TMD 分類である DC/TMD との整合性を取りつつなされたもので，TMD 各病態についての診断方法は臨床的にも学術的にも非常に有意義なものといえる。しかし，TMD 診断をサポートする所見として咬合感覚に関する記述はなく，TMD 患者の中に咬合感覚異常を訴える者が散見される臨床所感が反映されているとはいえない。この臨床所感—すなわち，TMD 患者の中には咬合感覚の異常を訴える者がいる—を支持する報告が過去になされてお^{2,3)}，特に筋・筋膜痛（Myofascial Pain：以下，MP と略す）については，咬合面間における厚みの認知閾値が MP 患者の方が健常者に比べて有意に高かったとする報告，ならびにこの厚み認知閾値は MP の有無によって変化するという報告^{4,5)}もあることから，MP と咬合感覚の変化との間の関連が示唆されているものの，詳細については不明である。咬合接触に伴う接触感覚は，歯への機械的刺激による歯根膜線維の変形を歯根膜機械受容器が感知することによって惹起される感覚（以降，歯根膜感覚と称する）であるため⁶⁾，MP 患者における歯根膜感覚閾値について検討を加えること

によって、TMD についての新たな臨床エビデンスが構築できる可能性がある。歯の接触感覚としての歯根膜感覚の計測には様々な方法と工夫が考案されているものの^{7,8)}、正確に制御された機械的刺激を用いた計測方法は未だ報告されていない。

MP の病因論については、近年そのひとつとして、持続的な低強度の閉口筋筋活動が注目されている⁹⁾。Glaros らは、持続的な低強度閉口筋活動によって、MP あるいは顎関節痛が健常者において惹起されたことを報告しており⁹⁾、この現象に関与するものとして非機能的な咬合接触を挙げている^{9,10)}。したがって、非機能的な咬合接触が持続している状態では、閉口筋の持続的な低強度等尺性収縮が生じ、この筋力の作用点としての歯周組織、特に歯を支える歯根膜線維には非機能的な機械的負荷が持続的に加えられることが予測される。歯根膜線維への非機能的な機械的負荷の作用時間を考察するに際して、ブラキシズムのような非機能的な咀嚼筋活動は日中と夜間とでは、運動制御の点において生理学的に異なるという報告^{11,12)}や、病態生理学的に異なるため、日中と夜間とに分けて検討を加える必要があるとの報告がなされている^{13,14)}。

当講座では継続的に歯根膜感覚閾値の定量化について取り組んでおり、近年森本によって、上顎臼歯の歯根膜感覚閾値の計測装置が開発された¹⁵⁾。また、内藤¹⁶⁾、Kumazaki¹⁷⁾によって報告された当講座開発の携帯型筋電図レコーダーを用いることによって、終日の咬筋筋活動の記録が行えるようになった。

以上より、本研究の目的は、MP 患者と健常者の歯根膜感覚閾値ならびに日

中および夜間の咬筋筋活動時間を比較することによって、MP という病態に関連があると推測される歯根膜感覚と咬筋筋電図持続時間について検討を加えることとした。また、各群における歯根膜感覚閾値と咬筋筋活動時間との相関についても検討を加え、MP の有無によってこれらの相関にいかなる相違があるかどうかについても検討を加えることとした。

材料ならびに方法

1. 被験者

被験者は2014年8月から2015年3月の間に、岡山大学病院を受診した患者を対象とした。同院咬合・義歯補綴科を受診した顎関節症患者においてRDC/TMD分類に従って、MPと診断された患者のうち、研究への参加に同意を得られた12名（男性1名，女性11名，平均年齢 54.8 ± 14.8 歳）を筋・筋膜痛群（以下、MP群と略す）とした。MP群のうち、片側性に筋の圧痛を認める者は7名，両側性に筋の圧痛を認める者は5名であった。MP群において、測定までの病悩期間は 4.5 ± 3.4 ヵ月であった。また、同院予防歯科へメンテナンスのため通院している顎関節症を認めない患者のうち研究への参加に同意を得られた健常者16名（男性1名，女性15名，平均年齢 63.9 ± 13.2 歳）を対照群とした。

被験者の包含条件は：無痛開口量が 30mm 以上である，被験歯として①天然歯同士の対合接触がある，②固定性ブリッジの支台でない，③歯周ポケットが 3mm 以内で動揺を認めない，④う蝕・歯髄症状・根尖性歯周炎を認めない，以上 4 つのいずれの条件も満たす上顎臼歯を有することとした。また被験歯は上顎第一大臼歯を第一選択とし，被験歯の条件に該当しないもしくは欠損している場合は被験歯の条件を満たす残存最後方臼歯とした。

除外基準として，無痛開口量が 30mm 未満である，被験歯の条件にあてはまる上顎臼歯が存在しない，ベンゾジアゼピン系の抗不安薬を服用している，インフォームドコンセントによる同意を得られない，以上に該当する者は除外した。

なお，本研究は岡山大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認（承認番号第 2084 号）を得て行い，全ての被験者から同意書を取得した。

2. 歯根膜感覚閾値計測装置

本研究では，歯根膜感覚閾値を歯面に対して歯軸方向に与えられる撃力に対する最小自覚強度と定義し，心理物理学的手法のひとつである極限法¹⁸⁾の変法である階段法¹⁹⁾を用いて計測することとした。計測には，最小限度の開口状態で被験歯に装着可能，かつ計測動作の自動化をコンセプトに Morimoto らが考案，作製した刺激装置¹⁵⁾に改良を加えたものを用いた。改良点は，刺激装置設置方法と撃力発生方法である。

本研究で用いた刺激装置を図 1 に示す。刺激装置のサイズは $25 \times 5 \times 15$ mm, 重量は 2.9g である。専用クランプを被験歯辺縁歯肉に接触しないように被験歯に装着した後に、刺激装置を専用クランプ上に設置した。刺激装置には専用クランプ取付け用の小型ネオジウム磁石を埋設し、専用クランプの取付け用平面上の任意の位置での設置が可能となるように設計した。刺激装置設置の方向は槌打針長軸が緩衝材の自由度により咬合面に垂直となる方向とし、設置位置は槌打針先端が被験歯咬合面中心窩に接触する位置とした。本刺激装置による撃力刺激は、刺激装置内で回転するアンバランス・ウェイトが槌打針の被槌打部に接触した際に発生し、その撃力は槌打針を通じて被験歯に伝達される。

本装置によって発生する撃力は半値幅 $43\mu\text{s}$ の撃力であり、アンバランス・ウェイトが槌打針を槌打した際の振動を電荷出力型加速度ピックアップ (NP-2106, Ono Sokki Co., Ltd. Yokohama, Japan) によって検出した。検出された加速度に応じた力への換算には、加速度が発生した質点の質量と加速度を用いてニュートンの運動方程式によって算出するが、本研究の撃力発生環境では質点質量の規定が困難な環境であったため、自由重力状態の加速度ピックアップを直接槌打した際の加速度を検出する予備実験を行った。まず、最大出力時の加速度を計測し、その結果 $4003 \text{ (m/s}^2\text{)}$ の加速度が検出された。質点質量を $X \text{ (g)}$ とすると、この際に発生した力は $X \cdot 4003 \text{ (mN)}$ となる。次に 5 (g) のおもりを加速度ピックアップに装着した状態で先と同じ強さの撃力を発生させた。その結果、検出された加速度は $479 \text{ (m/s}^2\text{)}$ であったため、発生した力は $(X+5) \cdot 479 \text{ (mN)}$

と考えられる。両者における出力強度は同じであることから、発生した撃力は同じとみなせるため、これらの式から X についての解を求めると、本装置の加速度を力に換算するための係数 0.68 が得られた。本研究では、この係数 0.68 を利用して検出加速度を力に換算した。

刺激強度は 68~2720 (mN)の範囲内で 30 段階の強さでの出力調整が可能であり (図 2), その制御は、コンピュータープログラムによって被験者の応答に応じて自動的に下降系列および上昇系列による階段法に準じた刺激呈示が可能となるようにした。

刺激呈示プロトコールについて、図 3 に示す。まず、最大出力の撃力 (2720mN) を被験歯に対して加える。被験者には予め応答用のトリガースイッチを渡し、被験歯に撃力を感じた際にスイッチを押すように指示しておく。被験者から陽性応答が得られると、自動的に一段階弱い撃力が被験歯に加えられる。被験者の陽性応答のたびに出力を逐次減少させていく下降系列刺激を進行させると、ある強さの撃力に対して被験者からの陽性応答は消失する (これを陰性応答と称する)。陰性応答が得られると、自動的にその時点よりも一段階強い撃力が呈示される。被験者の陰性応答が継続する間実行される上昇系列刺激は、被験者から陽性応答が得られると停止する。以降は上述の手順による下降系列刺激と上昇系列刺激が繰り返される。陽性応答から陰性応答への遷移点での刺激強度を下限閾値とし、陰性応答から陽性応答への遷移点での刺激強度を上限閾値とし、被験者から 6 セットの下限および上限閾値が得られるまで計測は自動

的に行われる。これらの閾値セットのうち、後半5セットの閾値セットの平均値を歯根膜感覚閾値とした。なお、刺激間隔時間は2.0-3.0秒内のランダムな時間として、被験者の刺激に対する慣れと期待の誤差を可及的に排除した。

3. 筋電図計測装置

咬筋筋活動の測定は過去の Kumazaki らの報告¹⁷⁾に従って行った。ディスプレイザブルの銀/塩化銀の表面電極(6×15 mm, Vitrode F-150S; Nihon Kohden Corp., Tokyo, Japan)は、中央に不関電極を配置し、差動電位検出が可能となるように電極間距離15mmで左側咬筋に貼付した。会話中の筋活動を区別するために、音声センサーを喉頭に隣接させて貼付した。

4. 計測手順

被験者には呈示刺激感知の有無を報告するためのトリガースイッチを渡し、環境因子コントロールのためのピンクノイズが再生可能なノイズキャンセリングヘッドフォンを装着した。30段階の撃力出力に対するキャリブレーションを実施した後、刺激装置を口腔内に設置し、安定した覚醒状態を保つため被験者をデンタルチェアにて座位にした状態で、測定を開始した。計測は計測日の午前9時から12時の間に岡山大学病院 保存・補綴科外来診療室において実施した。片側の計測対象歯の測定終了後、同様に反対側の計測対象歯の測定も行った。

両側に計測対象歯が存在する場合には、両側の歯根膜感覚閾値の平均値をもってその被験者の歯根膜感覚閾値の代表値（Periodontal sensation threshold：以下、PST と略す）とした。片側のみ計測対象歯が存在する場合には、その1歯の歯根膜感覚閾値をPSTとした。片側のみ測定した者はMP群で4名、対照群で7名であった。全被験者の測定平均時間は1歯あたり約2分であった。

PST測定後に左側咬筋に筋電計を装着し、翌日の起床時まで計測を行った。記録開始直後に、咬合力が2秒以上かけて5Nに達するように、左側第一大臼歯で咬合力検出器を5回咬むように被験者に指示した。咬合力が5Nに静的に維持されたときの自発咬みしめ時の最大振幅値を5N-voluntary clenching（以下、5N-VC と略す）とした。さらに2秒間のインターバルをおきながら、2秒間3回最大随意咬みしめ（maximal voluntary clenching：以下、MVC と略す）を行うように指示した。

筋電図解析はカットオフ値を5N-VC、5%MVC、20%MVCの3種類の条件で行った。記録された終日咬筋筋電図から、会話時・咀嚼時を除外し、先の3条件のカットオフ値での咬筋筋活動時間を覚醒時と睡眠時に分けて求めた後、単位時間あたりの筋活動時間を算出した。

5. 統計解析

PST および各カットオフ値における覚醒時と睡眠時の単位時間あたりの筋活動時間の群間比較に先立ち、等分散性を確認し、その後にt-検定により平均値

の差について検定した。また、各群における PST と単位時間あたりの筋活動時間との相関について、ピアソンの積率相関係数を用いて検討した。

統計解析は Predictive Analytic Software Statistics 19.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) を用い、両側検定で第 1 種過誤率を 5%とした。

結 果

MP 群の PST 平均値は 1050.0 ± 480.3 (mN)であり、対照群の平均値 712.3 ± 288.5 (mN)に比べて有意に上昇していた ($p < 0.05$)。

図 4 に MP 群および対照群の単位時間当たりの筋活動時間の平均値と標準偏差を 3 種類のカットオフ値ごとに示す。覚醒時および睡眠時において、いずれのカットオフ値でも、有意な群間差はみられなかった。

表 1 に PST と単位時間当たりの筋活動時間との相関について示す。表 1 に示すように、MP 群では覚醒時および睡眠時のいずれにおいても PST と筋活動時間との間に有意な相関はみられなかったが、対照群では覚醒時に 5N-VC をカットオフ値とした際の筋活動時間が PST と有意な相関を示した ($r = 0.516$, $p < 0.05$)。

考 察

本研究で作製した歯根膜感覚計測装置は、上述のように最小限度の開口状態で被験歯に設置可能、かつ計測の自動化を目的として考案、作製されたMorimotoらの計測装置に、装置設置方法と撃力発生機構の改良を加えたものとした。Morimotoらの計測装置の設置方法は、被験歯装着用の専用クランプによる物理的な嵌合力を利用した方法であり、被験歯との緊密な一体化が得られていたが、発生した撃力はクランプを介して歯軸方向に伝わる仕組みであった。また取付け機構には位置調整のための可変機構がなかったため、被験歯の歯冠形態によっては被験歯辺縁歯肉に接触することがあった。これらの点を勘案し、本研究で用いた歯根膜感覚計測装置では摩擦力を利用して設置することができる専用クランプによって、歯肉に接触しない構造とした。さらに小型ネオジウム磁石による強固な磁力を利用して、専用クランプ取付け平面内の任意の位置での設置が可能となるようにし、槌打針から発生した撃力を被験歯咬合面中心窩へ歯軸方向に伝える構造とした。計測装置による撃力については、両装置ともに小型モーターによって回転するアンバランス・ウェイトが剛体に接触した際の撃力を利用している。Morimotoらの計測装置ではアンバランス・ウェイトの槌打対象をリン青銅板製の片持ち梁の自由端とし、槌打力そのものをストレイン・ゲージで検出する仕組みを採用していたが、本装置ではアンバランス・ウェイトによる槌打で発生する瞬間的な振動を加速度によって検出する方式を

採用した。このことにより、装置内部の簡略化とさらなる小型・軽量化が得られ、円滑な装置設置を行うことが出来た。

本研究の結果から、MP 群の PST は対照群に比べて有意に高い値を示すことが明らかとなり、咀嚼筋の筋・筋膜痛と歯根膜感覚閾値の上昇との間に関連があることが示唆された。これに関連する可能性のある現象としては、疼痛による中枢神経系への直接的影響とストレスが歯根膜感覚に及ぼす間接的影響についての考察が必要と考えられる。

疼痛による中枢神経系の変化については、頭痛患者の脳皮質灰白質の変化を、頭部 MRI 画像から脳容積を計測する方法であるボクセルベース形態計測 (Voxel based morphometry ; 以下、VBM と略す) を用いて検討した研究がなされている²⁰⁾。その結果、頭痛患者では疼痛回路に関連した皮質領域灰白質の減少が観察された。一方、VBM を用いて顎関節領域に慢性的な疼痛を有する患者の中枢神経系灰白質の変化を検討した報告²¹⁾では、筋・筋膜痛患者では一次体性感覚野を除くすべての中枢灰白質観察部位においてその増加が観察された。頭痛患者でみられる灰白質減少変化と相反していたことについて、著者らは疼痛存在期間の違いが原因である可能性があるとし唆している²¹⁾。したがって、TMD の自覚症状と他覚的徴候が一過性のもので self-limiting な側面を持つ²²⁾ことには、疼痛自覚期間の長さに起因した中枢神経系組織の継時的変化が関与している可能性が推察される。また、Younger らの報告²¹⁾で特筆すべきは、他の部位とは異なり一次体性感覚野では筋・筋膜痛患者の場合、灰白質の減少が観

察されたことである。著者らは、顔面痛の処理過程において視床と一次体性感覚野との間に直接的な関連があるとするならば興味深い所見であると述べてはいるが、疼痛分野の VBM 研究では一次体性感覚野についての報告が乏しいとして、筋・筋膜痛患者の一次体性感覚野減少の機序については言及していない。歯根膜感覚が歯根膜機械受容器からの体性感覚に属していることを勘案すると、疼痛による中枢神経系組織の変化に歯根膜感覚の変化も含まれる可能性が推察される。

心理的因子による感覚入力の変化については、被験者の意思、判断に影響されない顎反射に着目した研究がなされている。顎反射の潜時変化について検討した研究²³⁾では、中切歯に対する非侵害性の機械的刺激によって惹起される短潜時と長潜時の顎反射が、暗算による精神的作業中には変化することが報告されている。同様の暗算による精神的作業の影響について、上唇に対する電気刺激によって惹起される開口反射を咬筋筋電図によって検討した研究では、暗算作業中の注意状態では開口反射の抑制が観察された²⁴⁾。歯根膜機械受容器の活性化によって惹起される顎反射が、異所性の疼痛刺激によって変化したとする報告²⁵⁾も勘案すると、感覚器への入力情報は精神的ストレスおよび疼痛ストレスによって変化する可能性が推察される。TMD 患者の顎反射が比較的弱いとする報告²⁶⁾は、TMD 由来の疼痛ストレスによって顎反射が変化することを示唆しており、本研究で観察された感覚閾値の上昇も疼痛ストレスによる感覚入力変化の一徴候である可能性が考えられる。

本研究では、MP 群と対照群との間に、単位時間当たりの咬筋筋活動時間の有意な差は、覚醒時と睡眠時の両者においてみられなかった。本研究で解析対象とした咬筋筋電図は、会話および咀嚼中の機能運動時に生じる筋活動を除外したものであり、非機能運動時の咬筋筋活動を反映しているものと考えられる。TMD の自覚症状と他覚徴候のない者に 5 日間連続で 20 分間の軽い噛みしめ動作を行わせることによって、非機能的な咬筋筋活動が及ぼす影響を検討した研究⁹⁾では、この噛みしめ動作によって RDC/TMD の I 軸診断で咀嚼筋痛と診断されるに至った者がみられ、軽度の咬合接触を伴う非機能的筋活動が咀嚼筋痛を惹起すると考察されている。本研究では 5% MVC をカットオフ値として解析した際に、両群の覚醒時において単位時間当たりの筋活動時間は 20 分を越えている。しかし、本研究では計測時間と筋活動時間の総計から単位時間当たりの持続時間を算出しているため、20 分以上の非機能的な咬筋筋活動が持続的に生じているかどうかは不明である。また、本研究で用いた筋電図計測装置においては、咬合接触後にみられる咬筋の等尺性収縮活動以外にも、等張性収縮活動時の筋活動も記録されることから、咀嚼筋痛を誘発した軽度の噛みしめ動作による非機能的筋活動が被験者に生じているかどうかについても不明である。したがって、本研究の結果から、単位時間当たりの筋活動時間の観点からは、TMD 症状の有無による差はないことが明らかとなったが、今後は筋活動量など他の変数を加えたより詳細な研究が必要と考えられる。

両群における単位時間当たりの咬筋筋活動時間については、覚醒時と就寝時

の両時間帯において、5N-VC をカットオフ値とした場合の筋活動時間の方が5%MVC をカットオフ値とした場合に比べて短かった。本研究と同じ携帯型筋電図計測装置を用いて健常成人の咬筋筋活動について検討を加えた報告¹⁶⁾では、5N-VC 発揮時の咬筋筋活動は平均 3.5 ± 4.3 %MVC に相当している。したがって、5N-VC の方が5%MVC に比べてカットオフ値としては低いので、検出される咬筋筋活動は多くなることが予測され、結果的に5N-VC をカットオフ値として解析した場合には5%MVC 以上をカットオフ値とした解析に比べて、より長い筋活動時間が得られることが予測される。このことは本研究と同じ筋電図計測装置を用いて健常者の筋電図活動時間を検討した内藤の報告¹⁶⁾において確認されている。しかし、本研究ではこれらの報告とは異なっており、筋活動時間の長短から%MVC 量を推測すると、本研究の被験者は5N の自発的噛みしめ時に5%MVC と20%MVC の間の筋力を発揮していることが推察される。この理由として2点が考えられる。一つは、5N-VC による筋活動自体に大きな変動があることである。これは上述の内藤のデータ¹⁶⁾から明らかであり、被験者の咬筋の筋力やその筋肉量によっては、本研究と同様に5N 噛みしめの方が5%MVC よりも大きな筋力を要する者が存在する可能性を示唆している。2点目としては、被験者の年齢層である。本研究の先行研究2件の健常成人はいずれも20代であるが、本研究ではMP群50代、対照群60代であり、本研究の被験者では加齢による筋力低下が予測されるため、若年層では3%MVC で達成出来る噛みしめ動作に5%を越える筋力を要していた可能性も推察される。

PST と単位時間当たりの筋活動時間との相関については、MP 群では有意な相関がみられなかったが、対照群では覚醒時において 5N-VC をカットオフ値とした場合に有意な正の相関を認めた。したがって、健常者の場合、覚醒時の 5N 相当咬合力の噛みしめ時間が長いほど PST は上昇する傾向にあることが示唆された。歯根膜線維には粘弾性特性があることが報告されており^{27,28)}、歯根膜線維のヤング率は、急速な外力に対しては大きい、ゆるやかな外力に対しては小さいことが報告されている²⁹⁾。また、歯根膜線維に一定の変形を 10 分間与え、その際の応力緩和率から粘性を検討した研究では、歯根膜線維の粘性は加齢とともに減少することが報告されており²⁷⁾、歯根膜線維には除荷後も膜線維の変形が残存する粘性があり、これは加齢とともに生じやすくなることが示唆されている。したがって、ある程度大きな外力に歯根膜線維が曝露されれば、除荷後も膜線維の変形は残存し、歯根膜機械受容器の膜線維変形感知機能が低下する可能性が推察される。この推察に一致した PST の報告もみられている^{15,30)}。したがって、本研究の対照群では 5N の噛みしめが歯根膜線維の粘性優位変形を惹起する外力として作用し、その曝露時間の長短に PST が追従した可能性があると推測される。5N 以外の条件で PST との相関がなかったことについては、5%MVC の場合には、上述のように、5N よりも小さな咬合力しか発揮されていなかったことが原因として考えられる。すなわち、5%MVC 発揮時の咬合力は 100%に近い応力緩和率、すなわち歯根膜線維の変形は完全な塑性変形に近似できる程度の大きさであったため、その曝露時間の長短に関わらず膜線

維の変形回復が得られ、歯根膜機械受容器の膜線維感知機能には変化が生じなかった可能性が推測される。20%MVCの場合、歯根膜線維の粘性変形が惹起されていると思われるが、その活動時間自体が短いため、PSTデータが狭い時間帯に集中して関連が得られなかったと思われる。このことは、睡眠時の各カットオフ値での筋活動時間についても該当するため、同様の理由が当てはまるものと思われる。加えて、過去の文献においては、睡眠中の歯根膜感覚からの入力が睡眠中の筋活動に影響を与えるという経路については、エビデンスが欠如していることが指摘されている。^{11,12)}

結 論

本研究の結果から、筋・筋膜痛患者の歯根膜感覚閾値は健常者に比べて有意に高い値をとることが示唆された。また、健常者の歯根膜感覚閾値については覚醒時の咬筋筋活動時間と関連があることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究を行う貴重な機会を与えて頂き、御懇篤なる御

指導と御高閲を受け賜りました，岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 皆木省吾教授に謹んで感謝の意を表します。また，本研究を遂行するにあたり，終始懇切なる御指導と御教示を賜りました，岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野 沖和広助教に深く感謝いたします。最後に，本研究を行うにあたり，多くの御援助と御協力を頂きました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野の諸先生方に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本顎関節学会: 顎関節症の疾患概念; 新編 顎関節症(覚道 健治, 久保田英明, 小林馨, 古谷野潔, 柴田考典, 杉崎正志編). 1 版, 永末書店, 1-24, 2013.
- 2) Clark, G., Simmons, M.: Occlusal dysesthesia and temporomandibular disorders: is there a link? *Alpha Omegan*, **96**(2), 33-9, 2003.
- 3) Melis, M., Zawawi, K.H.: Occlusal dysesthesia: a topical narrative review. *J Oral Rehabil.*, **42**(10), 779-85, 2015.
- 4) Clark, G.T., Jacobson, R., Beemsterboer, P.L.: Interdental thickness discrimination in myofascial pain dysfunction subjects. *J Oral Rehabil.*, **11**(4), 381-386, 1984.

- 5) Kogawa, E.M., Calderon, P.D.S., Lauris, J.R.P., Pegoraro, L.F., Conti, P.C.R.: Evaluation of minimum interdental threshold ability in dentate female temporomandibular disorder patients. *J Oral Rehabil.*, **37**(5), 322-8, 2010.
- 6) Trulsson, M., Essick, G.K.: Mechanosensation; *Clinical oral physiology*. Quintessence Publishing Co. Ltd., 165-197, 2004.
- 7) Jacobs, R., Van Steenberghe, D.: Role of periodontal ligament receptors in the tactile function of teeth: a review. *J Periodontal Res.*, **29**(3), 153-67, 1994.
- 8) Komiyama, O., Gracely, R.H., Kawara, M., Laat, A.D.: Intraoral measurement of tactile and filament-prick pain threshold using shortened Semmes-Weinstein monofilaments. *Clin J Pain.*, **24**(1), 16-21, 2008.
- 9) Glaros, A.G., Burton, E.: Parafunctional clenching, pain, and effort in temporomandibular disorders. *J Behav Med.*, **27**(1). 91-100, 2004.
- 10) Glaros, A.G.: Temporomandibular disorders and facial pain: a psychophysiological perspective. *Appl Psychophysiol Biofeedback.*, **33**(3), 161-71, 2008.
- 11) Kato, T., Thie, N.M.R., Huynh, N., Miyawaki, S., Lavigne, G.J.: Topical review: sleep bruxism and the role of peripheral sensory influences. *J Orofac Pain.*, **17**(3), 191-213, 2003.
- 12) Lavigne, G.J., Khoury, S., Abe, S., Yamaguchi, T., Raphael, K.: Bruxism physiology and pathology: an overview for clinicians. *J Oral Rehabil.*, **35**(7), 476-494, 2008.

- 13) Macaluso, G.M., Guerra, P., Di.Giovanni, G., Boselli, M., Parrino, L., Terzano, MG.: Sleep bruxism is a disorder related to periodic arousals during sleep. *J Dent Res.*, **77**(4), 565-573, 1998.
- 14) Kato, T., Rompre, P., Montplaisir, J.Y., Sessle, B.J., Lavigne, G.J.: Sleep bruxism: An oromotor activity secondary to micro-arousal. *J Dent Res.*, **80**(10), 1940-1944, 2001.
- 15) Morimoto, Y., Oki, K., Iida, S., Shirahige, C., Maeda, N., Kawakami, S., Matsunaga, T., Minagi, S.: Effect of transient occlusal loading on the threshold of tooth tactile sensation perception for tapping like the impulsive stimulation. *Odontology.*, **101**(2), 199-203, 2013.
- 16) 内藤万弥: 新たに開発した携帯型高精度筋電計による健常成人の睡眠時咬筋活動様相の検討. 岡山歯学会雑誌., **33**, 2014.
- 17) Kumazaki, Y., Naito, M., Kawakami, S., Hirata, A., Oki, K., Minagi, S.: Development of a speech-discriminating electromyogram system for routine ambulatory recordings for the low-level masseter muscle activity. *J Oral Rehabil.*, **41**(4), 266-274, 2014.
- 18) Gescheider, G.A.: The classical psychophysical methods. In: Gescheider, G.A., editor. *Psychophysics – the fundamentals*. third ed. Mahwah, N.J.: Lawrence, E., Associates, Inc., 55-9., 1997.
- 19) Jacobs, R., Wu, C.H., Van Loven, K., Desnyder, M., Kolenaar, B., Van

- Steenberghed, D.: Methodology of oral sensory tests. *J Oral Rehabil.*, **29**(8), 720-730, 2002.
- 20) Valfre, W., Rainero, I., Bergui, M., Pinessi, L.: Voxel-based morphometry reveals gray matter abnormalities in migraine. *Headache.*, **48**(1), 109-117, 2008.
- 21) Younger, J.W., Shen, Y.F., Goddard, G., Mackey, S.C.: Chronic myofascial temporomandibular pain is associated with neural abnormalities in the trigeminal and limbic systems. *Pain.*, **149**(2), 222, 2010.
- 22) Yatani, H., Kaneshima, T., Kuboki, T., Yoshimoto, A., Matsuka, Y., Yamashita, A.: Long-term follow-up study on drop-out TMD patients with self-administered questionnaires. *J Orofac Pain.*, **11**(3), 258-69, 1997.
- 23) Cadden, S.W., VanderGlas, H.W., Lobbezoo, F., VanderBilt, A.: The influence of attentional factors on short- and long-latency jaw reflexes in man. *Arch Oral Biol.*, **41**(10), 995-998, 1996.
- 24) Cadden, S.W., Newton, J. P.: The effects of attentional factors on an inhibitory jaw reflex in man. *Exp Physiol.*, **80**(2), 299-305, 1995.
- 25) Mason, A.G., Scott, B.J., van der Glas, H.W., Linden, R.W., Cadden, S.W.: Remote noxious stimuli modulate jaw reflexes evoked by activation of periodontal ligament mechanoreceptors in man. *Exp Physiol.*, **87**(6), 699-706, 2002.
- 26) Maillou, P., Cadden, S.W.: Characteristics of a jaw reflex in humans with temporomandibular disorders: a preliminary report. *J Oral Rehabil.*, **34**(5), 329-35,

2007.

- 27) Komatsu, K., Shibata, T., Shimada, A., Viidik, A., Chiba, M.: Age-related and regional differences in the stress-strain and stress-relaxation behaviours of the rat incisor periodontal ligament. *J Biomech.*, **37**(7), 1097-106, 2004.
- 28) Fill, T. S., Toogood, R. W., Major, P. W., Carey, J. P.: Analytically determined mechanical properties of, and models for the periodontal ligament: critical review of literature. *J Biomech.*, **45**(1), 9-16, 2012.
- 29) Papadopoulou, K., Hasan, I., Keilig, L., Reimann, S., Eliades, T., Jager, A., Deschner, J., Bourauel, C.: Biomechanical time dependency of the periodontal ligament: a combined experimental and numerical approach. *Eur J Orthod.*, **35**(6), 811-8, 2013.
- 30) Oki, K., Hamanaka, M., Arima, T., Takahashi, S., Hasegawa, K., Minagi, S.: A new method for evaluating the threshold of periodontal ligament mechanoreceptor by slow speed mechanical stimulation. *J Periodont. Res.*, **38**(5), 482-487, 2003.

図表の説明

図 1

撃力を用いた刺激装置模式図

アンバランス・ウェイトが矢印の方向に回転し、被槌打部に接触すると撃力が発生する。

図 2

計測装置の刺激強度に関するキャリブレーション

縦軸は刺激強度 (mN)、横軸は抵抗値 (Ω) を示す。刺激強度と抵抗値との間に正の相関を認める ($y = -8.3x + 2308; r = 0.95$)。

図 3

実際の歯根膜感覚閾値計測の一例

歯根膜感覚閾値は後半 5 セットの下限および上限閾値の平均値により算出した。

図 4

MP 群および対照群における単位時間当たりの左側咬筋筋活動時間

表 1

MP 群および対照群における PST と単位時間あたりの左側咬筋筋活動時間と
の相関