

## 顎口腔系に発現する力の様相とその負荷

皆木省吾, 熊崎洋平, 川上滋央

### Force exertion and loading in stomatognathic system

Shogo Minagi, DDS, PhD, Yohei Kumazaki, DDS, PhD and Shigehisa Kawakami, DDS, PhD

#### 抄録

咀嚼筋群によって発揮される力は顎口腔系に大きな影響を及ぼす。近年まで、この顎口腔系にかかる力のうち重要なものの一つとして、夜間ブラキシズムが長く注目されてきた。しかし最近の研究によって、咀嚼筋群の活動に関する知見が大きく変容しつつある。携帯型の高精度筋電計を用いて終日筋電図の記録・解析が可能となったことによる生物学的インパクトは大きく、これまでに原因の分からなかった臨床上の現象に対して覚醒時筋活動の視点から説明が付きはじめているものもある。本稿では、これらの方法論および集積されつつある最新の知見を含めて、顎口腔系への力の影響を考察した。

#### 和文キーワード

咬合力, 筋電図, 咬筋, 顎関節, ブラキシズム

### I. はじめに

顎口腔系にかかる力のほとんどが、咀嚼筋群が力源として発現していることには異論はないと思われる。近年まで、この顎口腔系にかかる力のうち重要なものの一つとして、夜間ブラキシズムが長く注目されてきた。しかし最近の研究によって、咀嚼筋群の活動に関する知見が大きく変容しつつある。これは昼夜筋電図が高精度で記録できるようになった<sup>1-3)</sup>ことによるものであり、この知見の生物学的インパクトは大きい。本稿では、昼夜筋電図記録に関する方法論や得られた知見、そしてそれが及ぼす臨床への影響について考えてみる。さらに次の時代に向けて、まだ科学的データのない臨床仮説についても次世代のエビデンス構築を目指す意味で併せて考えてみたい。

図1に示すような口腔内の患者が来院した場合に、歯科医師はどのようなコメントを患者に伝えるであろうか。前歯臼歯ともに咬耗が著明であり、下顎隆起も認められる。筆者は、「あなたは歯ぎしりをしていますね。だいたい歯が咬耗していますよ。」といったコメントを連想してしまうし、実際にそのような患者説明を行

い、必要と思われる場合にはナイトガードを作製してきた。図1の患者の場合にも、家族に歯ぎしりを指摘された経験はあるとのことであった。毎晩欠かすことなく大きな音を立てているブラクサーは別格として、それ以外の場合において歯ぎしり音を指摘された経験の有無は、本当に活発な夜間のブラキシズムを意味するのだろうか？筋活動の頻度は低くとも、睡眠中にまれに歯を擦りあわせた音が発現しただけなのかもしれない。

### II. 携帯型筋電計について

携帯型筋電計の精度は近年大きく変化してきている。図2に我々が以前使用していた携帯型筋電計システムの装着例を示している。このシステムを用いて自宅での睡眠時の筋電図を記録していた。携帯型と言いつつもこのシステムはかなり重く、装着した状態でトイレに行くことは可能であるが、これを携帯してショッピングに行くことは非現実的であった。さらにこのシステムを用いて記録した夜間筋電図の一例<sup>4)</sup>を図3に示す。この筋電図も丁寧に計測条件を整えて記録したものであるが、筋電図のベースラインは幅広く、



図1 全顎にわたる咬耗が著明な症例

多くのノイズを含んでいることがわかる。従ってこの筋電図からでは、強い筋活動が発現しているところは判定できるものの、弱い筋活動はベースラインに重なってしまうために存在するかどうかの判定をすることができなかった。

我々は、2010年から携帯型高精度筋電計の開発を試みてきた<sup>1)</sup>。その結果、24時間以上継続的にノイズの少ない高精度の筋電図を記録することができるようになった。図4は、装置装着時およびその後約20時間生活・睡眠した後の起床時の自発最大咬みしめ(MVC)を示している。図4に丸印で示されるように最大咬みしめの間のベースラインにはほとんどノイズは認められず弱い咬みしめまで正確に記録されていることがわかる。この筋電計を用いて図1の患者を被検者として昼夜筋電図を採得した結果を図5に示している。覚醒時の筋電図左端がMVCを示しているが、それと比較しても活発な筋活動を覚醒時には長時間継続して行なっていることがわかる。一方で、睡眠時の筋電図に示されるように、これほど全顎的に咬耗が進んでいるにもかかわらず夜間の筋活動はほとんど認められなかった。また、この患者は家族には歯ぎしりがあると指摘されたことがあり、日中の頬部や側頭部の疲労感は自覚しているものの、日中に咬みしめを行っている自覚は全くなかった。この症例によって、日中と夜間の両方の筋活動を記録することの重要性を強いイ



図2 前世代の携帯型筋電計の装着例  
データはカセットテープに記録される。

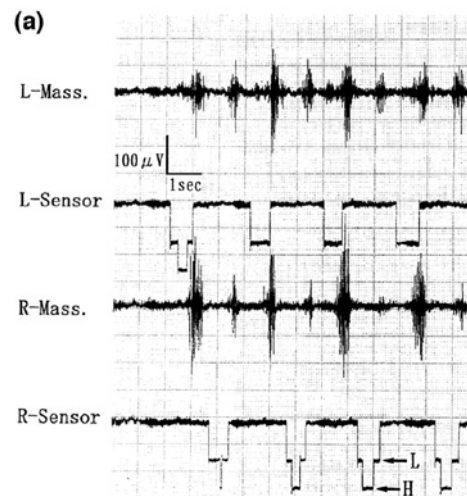


図3 カセットテープ(図2)に記録された筋電図波形例

筋電図記録に強いベースラインノイズが含まれていることが観察され、弱い筋活動の有無は判別できない。(文献4より引用)

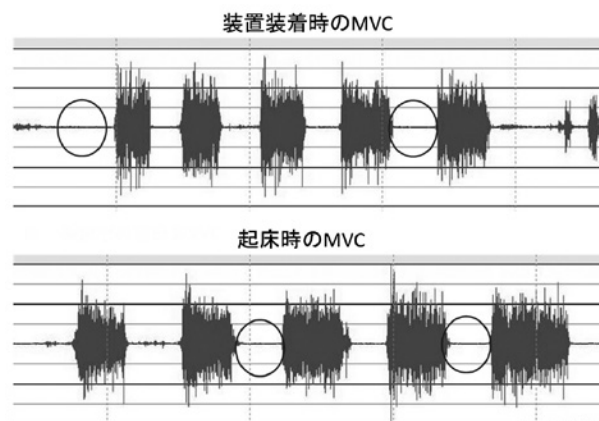


図4 携帯型高精度筋電計による筋電図波形例

上段は装置装着直後のMVCを、下段は起床時のMVCを示している。図中の丸印で示すように、ベースラインノイズが非常に低いレベルに押さえられており起床時まで安定して記録されていることがわかる。

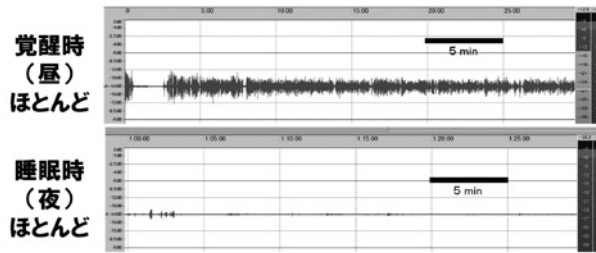


図5 昼夜筋電図の波形の一部

図1の患者の昼夜筋電図波形の一部である。日中は非常に強い筋活動をほぼ終日行っているが、睡眠時にはほとんど筋活動は認められない。

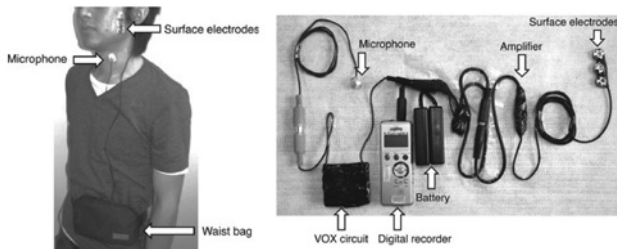


図6 音声識別装置を含む高精度携帯型筋電計

細いケーブルによって咬筋部分の表面電極や頸部のセンサとウエストバック内の装置が繋がれているものの、非常に軽量であり終日の筋電図計測に簡便に用いることができる。(文献3より引用)

ンパクトとともに痛感することになった。

このように日中の筋活動に注目するようになると、咬みしめ以外の筋活動によって咬筋部の表面電極筋電図に筋活動が記録されることを考慮する必要性が認識された。特に日中の生活を考えた場合には、会話時の筋活動は表情筋の筋活動を含む“可能性”があるために識別する必要があると考えられた。そこで Kumazaki ら<sup>3)</sup>は図6に示す会話自動識別装置 (VOXシステム) を作製した。この VOXシステムは図7に示すように、実際の会話時間を高い精度で識別することができるため、会話時に行われている筋活動と非会話時に行っている筋活動を明瞭に識別することが可能となった。ちなみに、この会話識別機能は会話時の筋活動を除外するために有用であるだけでなく、咬みしめが人と会話している時に強く発現しているのか、あるいは1人していると想定される時に強く発現しているのかという社会生活上重要な情報を与えてくれることとなった。

### III. 歯の喪失、顎堤の喪失と筋活動の関係について

さて、咬筋の筋活動を正確に評価することができるようになると、多くの臨床症状との関連を検討するこ

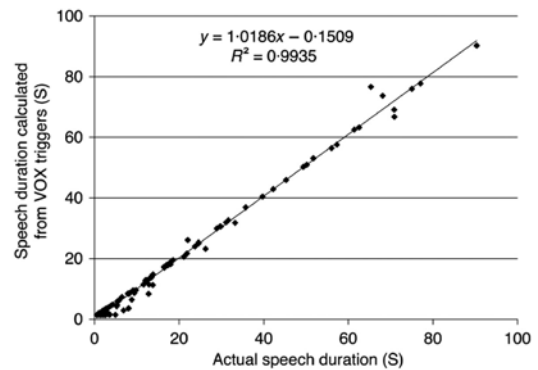


図7 音声識別装置によって判定された会話時間と実際の発話を聞いて識別した会話時間との相関関係

このシステムを用いて音声センサ信号解析を行うことにより、非常に高い精度で会話時間の識別を行うことができる。したがって、音声そのものを録音することなく会話時間の自動識別が可能となったため患者のプライバシーを守るためにも有用である。(文献3より引用)

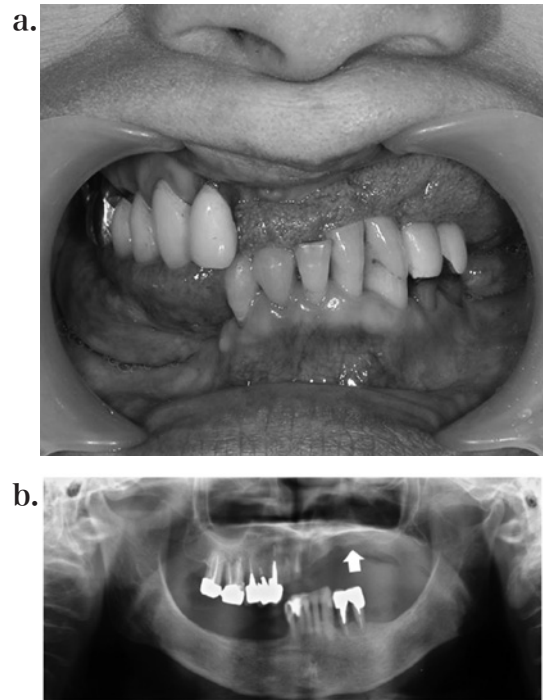


図8 すれ違い咬合の一例

a. 口腔内写真, b. パノラマ X線写真

残存歯列がすれ違い状態になっていると同時に、矢印で示す左側上顎歯槽骨は高度に吸収している。(文献5より引用)

とが可能になってきた。例えば、口腔に発生する力との関連性が問題となりそうな症例としては、図8に示すようなすれ違い咬合症例があげられる<sup>5)</sup>。多くのすれ違い咬合症例と同様に、この症例においても図8b



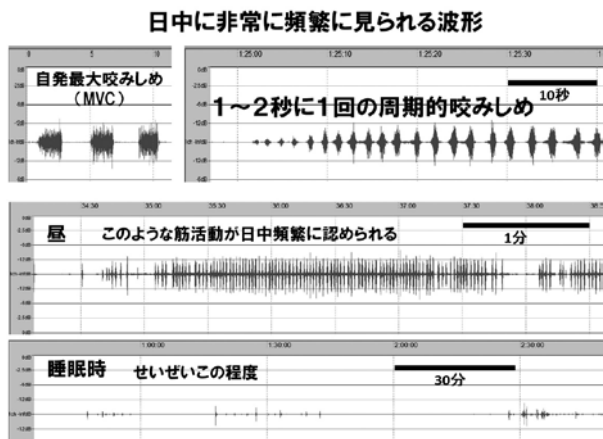


図9 すれ違い咬合患者の昼夜筋電図波形の一例

日中には、1～2秒間に1回の周期を示す間欠的な比較強い筋活動が認められる。一方、夜間睡眠時には、日中に比べるとはるかに筋活動は少ない。

に示すように義歯床下の残存顎堤が局所的に強く吸収している。義歯床下粘膜の疼痛によって食事が困難であることを訴えており、義歯の安定もクラスプデンチャーを装着されているこの状態では不良であった。すれ違い咬合に至る歯の欠損や、局所的な顎堤吸収がなぜ起こるのかについては、具体的かつ科学的な推論を行うことはこれまで困難だったと考えられる。このような症例の日中の咬筋筋活動の特徴的な波形を図9に示している。すなわち、義歯床下粘膜に疼痛を自覚しているにもかかわらず、覚醒時の非常に長い時間に渡って図9に示すような間欠的な咬みしめを持続的にやっている。この間欠的な咬みしめは、1～2秒間に1回の周期で行われていることが多い。一方で、睡眠中には個人差はあるものの全般にこのような間欠的な咬みしめはほとんどみられなかった。図10に上記の症例の覚醒時及び睡眠時の筋活動頻度グラフを示している。20%MVC以上、10%MVC以上、5%MVC以上、及び第一大臼歯部で500g・fの咬みしめ強度以上のそれぞれの閾値で評価した筋活動を示している。グラフ中の小さな縦線1本が1回の咬みしめと理解してよい。20%MVC以上の咬みしめも頻発していることがわかり、500g・f以上の咬みしめについては覚醒時を通じてほとんど常時行っているといっても過言ではなからう。一方で、睡眠時にはごく限られた回数しか筋活動は認められない。この患者を含めて、同様のすれ違い咬合を呈している3名の患者の覚醒時及び睡眠時の筋活動頻度グラフを図11に示す。図11の右下には、対



図10 図9に示す症例の筋電図終日解析結果

図の縦軸に示しているように、500g・f、5%MVC、10%MVC、20%MVC以上の筋活動の発現をグラフ上の小縦棒として表示している。夜間の筋活動は標準的なものであるが、日中は非常に高い頻度で筋活動が発現していることが観察される。

比のために一般的な健常者1名のデータを示している。これら3人のいずれの患者においても、覚醒時の筋活動頻度が高いことがわかる。しかし、いずれの患者も初診時には日中咬みしめの自覚はなかった。

これらの特徴的な所見を確かめるために、Kawakamiら<sup>5)</sup>は、咬合崩壊進行群患者6名、年齢と性別がマッチされた対照群6名、性別がマッチされた20歳代の健康成人6名を対象として筋活動を比較している。この研究では、咬合崩壊進行群患者は、アイヒナー分類B4でかつ前年に対合する歯を1本以上喪失しており、床下粘膜の疼痛に由来する義歯の調整を1年以上継続して受けている者としており、いわゆる臨床的に難症例といわれるすれ違い咬合群であるといえる。結果として図12に示すように、6名の咬合崩壊進行群全員において、間欠的な日中の咬みしめが高頻度で認められることが示され、この特徴を持つ筋活動は他の対照2群いずれにおいてもほとんど認められることがなかった。一方で、図12の下段に示すように、睡眠時の筋活動については全てのグループにおいてわずかな頻度の筋活動しか認められなかった。これらの所見から、咬合の崩壊については日中の間欠的な咬みしめが重要な因子として作用している可能性が高いと考えられる。日中の非機能的な下顎関連習癖としてはSatoら<sup>6)</sup>が提唱しているTooth Contacting Habit (TCH)がある。このTCHはごく弱い力で上顎歯と下顎歯が軽く接触していると定義されているので、歯の喪失との関連で我々が観察した上記の筋活動とはその様相が異なるようである。た



図 11 すれ違い咬合患者 3 名および一般的な正常者 1 名の終日筋電図解析例

すれ違い咬合患者と正常者例とは、特に日中の筋活動頻度が著明に異なっていることが観察される。夜間の筋活動頻度については、症例 3 については頻度がやや高いものの、症例 1 および症例 2 においては、正常者例とほぼ同程度の頻度を示しているにすぎない。

だし、我々がこれまでに間欠的な強い咬みしめを認めた患者もそのほとんどは日中の咬みしめとしては自覚してはいない。筋電図を用いた今後の検討が期待されることである。また、日中の筋活動と併せて下顎位が将来計測できるようになればさらに有用な情報が得られると期待される。

#### IV. 発生する力と顎口腔系にかかる負荷について

このように日中および夜間の筋活動が明らかになるとともに、これらの力が顎口腔系におよぼす影響について検討を行う必要があると考えられる。日中の筋活動が歯の喪失に関与していると推測されること、日中の筋活動が筋症状の発現に関与すると推測されること、急性の非復位性関節円板前方転位(クローズド・ロック)の発現が臨床的には起床時にしばしば自覚されること、などを勘案すれば、このような筋活動はさらに詳細に分析される必要があると考えられる。すなわち、力は少なくとも 1) 歯周組織への影響、2) 補綴装置や歯の破損、3) 顎関節への影響といった観点から考える必要があると考えられる。この 1) については上述の力の解析との関連性が高いと考えられる。2) は臨床的に非常に興味深いものであるが、現時点ではこれについてはまだデータはみられない。一方、3) については筋活動の記録が、これまでに報告されているさまざまなデータの間を論理的につなぐ役割を果たすことが期待される。近年まで継続して臨床的に注目され

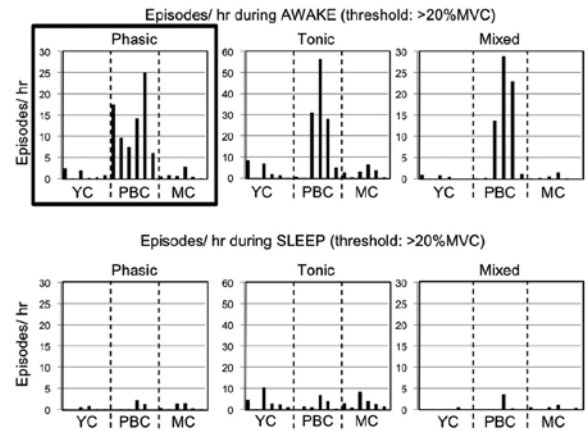


図 12 若年コントロール (YC)、咬合崩壊進行群 (PBC) および対対象群 (MC) における日中および睡眠時の単位時間当たりブラキシズムエピソード数

20%MVC 以上の筋活動について解析が行われている。咬合崩壊進行群においては、全ての被検者が日中の Phasic エピソード数が多いことがわかる。一方、Tonic や Mixed エピソードについては PBC 群において高い頻度で観察される被検者が多いが、全く観察されない被検者も存在している。(文献 5 より引用)

ている「奥低」<sup>7)</sup>や「下顎前歯正中の側方への偏位」等の臨床所見は、顎関節との関連で咬合に強い力を作用させる経路として検討することが重要と考えられる。

下顎偏心位において咬合力が発揮された状態を考慮した機能的な咬合に、平衡側の咬合接触が挙げられる。これについては、近年ポメラニアにおける大規模調査研究として報告された SHIP 研究<sup>8)</sup>が重要と考える。この研究では咬合性外傷と歯周組織の破壊の関係について報告されている。対象としては一般市民から 6,267 人をランダムサンプリングし、臼歯部の欠損を有する患者 298 名などを除外した後、2,980 名を対象として長期縦断研究のための基礎調査を行っている。この報告においては 39.4% に平衡側の咬合接触を認めているが、これは Minagi ら<sup>9)</sup>の報告と整合性のある値であると理解できる。図 13 に示すように、この SHIP 研究においては、平衡側咬合接触のない臼歯においては 4 mm 以上のアタッチメントロス<sup>10)</sup>は 31.8% であるのに対し、平衡側咬合接触のある臼歯の 40.0% に 4 mm 以上のアタッチメントロスを認めることが報告されている。顎関節症患者において、関節円板前方転位を認める場合には同側の最後臼歯に早期接触が認められることが多く、平衡側の咬合接触は関節円板の転位と関連していることが推察される。この SHIP 研究においては臼歯が欠損しているものは調査対象から除外されているが、上記のアタッチメントロスやポケットデプスの結果から推測すれば、仮説としては関節円板転位

## 文 献

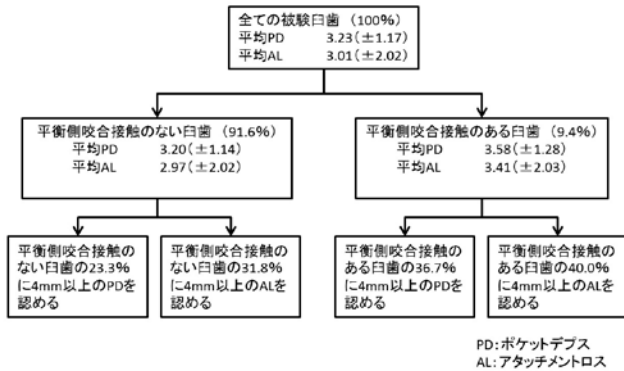


図 13 SHIP 研究において報告された臼歯平衡側咬合接触の有無とポケットデプス、アタッチメントロスの関係

平衡側咬合接触を認める臼歯においては、ポケットデプスおよびアタッチメントロスのいずれも大きな値をとることが示されている。(文献8より引用改変)

によって顎関節の機械的負荷能力が低下した側の後方臼歯に機械的過負荷が発生し、将来的な欠損の誘因として作用している可能性が考えられる。これは同様に、関節円板が転位した顎関節は下顎頭位の保持能力が低下するために奥低となるとする仮説とも整合性を持つと考えられる。

## V. おわりに

歯列をはじめ顎口腔系にかかる力に関する臨床考察は、これまで咬耗や粘膜圧痕の存在などを指標として推測することを主な観察根拠として進められてきた。しかし、内藤ら<sup>1)</sup>や三上ら<sup>2)</sup>の研究に端を発して、これまでとは格段に手軽に、しかも観察精度の高い咀嚼筋活動の活動様相把握が可能となってきた。このことは筋電図学的観察根拠を持った疫学研究という新しい時代の幕開けにつながると考えられる。今後の機能系研究の躍進が期待される。

(文献3の高精度筋電計に関心のある方は、<http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~2hotetsu/>をご参考頂きたい。)

## 謝 辞

これまで当分野における筋電計の開発と研究の発展に携わった内藤万弥博士をはじめとする教員に深い謝意を表す。

- 1) 内藤万弥, 荒木大介, 飯田祥与, 熊崎洋平, 杉本恭子, 美甘 真ほか. 新たに開発した携帯型高精度筋電計による健康成人の睡眠時咬筋活動様相の検討(会議録). 日補綴会誌 2012; 4巻特別号: 214.
- 2) 三上紗季, 山口泰彦, 渡辺一彦, 岡田和樹, 後藤田章人, 菱川龍樹ほか. 24時間無拘束咬筋電図測定を可能とした超小型データロガータイプウェアラブル筋電計. 日補綴会誌 2013; 5巻特別号: 301.
- 3) 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 2014; 41: 266-274.
- 4) Minagi S, Akamatsu Y, Matsunaga T, Sato T. Relationship between mandibular position and the coordination of masseter muscle activity during sleep in humans. J Oral Rehabil 1998; 25: 902-907.
- 5) Kawakami S, Kumazaki Y, Manda Y, Oki K, Minagi S. Specific diurnal EMG activity pattern observed in occlusal collapse patients: relationship between diurnal bruxism and tooth loss progression. PLoS One 2014; 10; 9(7): e101882.
- 6) Sato F, Kino K, Sugisaki M, Haketa T, Amemori Y, Ishikawa T et al. Teeth contacting habit as a contributing factor to chronic pain in patients with temporomandibular disorders. J Med Dent Sci 2006; 53: 103-109.
- 7) 武田孝之, 林 揚春, 伊藤裕也, 桜井保幸. インプラント上部構造の選択と設計—理想的なインプラント上部構造を目指して— 第1回 上下顎の対向関係によるインプラント上部構造の選択基準. 補綴臨床 2011; 44: 590-602.
- 8) Bernhardt O, Gesch D, Look JO, Hodges JS, Schwahn C, Mack F et al. The influence of dynamic occlusal interferences on probing depth and attachment level: results of the Study of Health in Pomerania (SHIP). J Periodontol 2006; 77: 506-516.
- 9) Minagi S. Balancing-side occlusion and TMJ. Dentistry in Japan 2007; 43: 183-188.

著者連絡先: 皆木 省吾

〒700-8525 岡山市北区鹿田町 2-5-1

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

Tel: 086-235-6685

Fax: 086-235-6689

E-mail: minagi@md.okayama-u.ac.jp