原 著 論 文

咬みしめ時の下顎の変位と非咬みしめ側の 咬合接触面積との関係

秋重 智司 谷田部 優 馬場 一美
屋嘉 智彦 上野 剛史 藍 稔

Relationship between Jaw Displacement and Simulated Non-chewing Side Contact Area during Clenching

Satoshi Akishige, Masaru Yatabe, Kazuyoshi Baba,
Tomohiko Yaka, Takeshi Ueno and Minoru Ai

Abstract: To investigate the factors affecting the non-chewing side contact, the relationship among simulated non-chewing side tooth contact, jaw displacement, and masticatory muscle activity was evaluated.

Seven healthy male subjects volunteered for this study. They were asked to clench on a central bearing device, and vertical displacements of lower bilateral second molars were measured by linear variable transducers. Simultaneously, EMG activity was measured from masseter and anterior temporal muscles. The subjects were also asked to clench with film strips in place on unilateral premolars in order to simulate the occlusal phase of the chewing cycle. Occlusal registrations on the contralateral sides were recorded, and then the occlusal contact area was calculated for each side.

Comparison of bilateral tooth contact area and second molar displacements showed that the contact area tended to be larger on the side where larger molar displacement was found. The side difference of the contact area was significantly correlated to that of second molar displacement (Pearson's $r=0.85$ $p=0.01$), however, not to EMG activity.

Key words: non-chewing side contact, jaw displacement, masticatory muscle activity, tooth contact area

I. 緒 言

下顎運動時の平衡側での歯の接触は、歯周組織や顎関節、筋に対して障害的に作用するとの報告がある^{1,2)}。一方で、Ingervallら³⁾は平衡側での歯の接触が障害となるかどうかは、その接触の起こり方やそれらへの生体の適応や反応で決まると述べている。また藍ら⁴⁾は問題となるような咬合状態の存在だけで顎機能の異常が生ずるものでは

なく、下顎の運動の仕方やそれに影響を与える要素が顎機能異常の発現に関係すると述べている。しかし、下顎運動時に平衡側で歯の接触がどのように起こり、それが歯周組織や顎関節、筋にどのような影響を及ぼしているかは明確でない。

一般に平衡側接触は機能運動である咀嚼時の接触と非機能運動であるブラキシズム時の接触とに分けて考えられており、ブラキシズム時の平衡側での歯の接触については、側方滑走運動路上のある位置で咬みしめを行わせることにより顎口腔系に及ぼす影響が検討されている⁵⁻⁷⁾。一方、咀嚼時の非咀嚼側での歯の接触について Møller⁸⁾は、非咀嚼側接触が咀嚼側接触に先行することを報告し、これは閉口運動の最終相で下顎が傾いていることを示唆すると述

東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第一講座（主任：藍 稔教授）
The First Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Minoru Ai)

平成 11 年 2 月 1 日受付

べている。また、大久保ら⁹⁾は、非咀嚼側の咬合接触が咀嚼側に先行する場合や咀嚼側よりも広い面積で咬合接触する場合が認められたと報告し、このような接触は食塊を中心として下顎が回転するために生じたのではないかと推察している。

このように、非咀嚼側において歯の接触が生じていることはいくつかの研究で示されているが、その接触の発現に何が影響しているのかについては不明である。

そこで本研究では、非咀嚼側での咬合接触に影響を及ぼすと考えられる筋活動および筋活動と下顎頭の動きにより規定される下顎の回転方向と回転量に注目し、これらと非咬みしめ側咬合接触面積との関係を調べた。そして、非咀嚼側での咬合接触の発現に影響を及ぼす因子について検討を加えた。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は26～33歳（平均年齢28.3歳）の個性正常咬合を有する、顎機能に異常が認められない成人男子7名である。また第三大臼歯以外に欠損がなく、できるだけ咬合面を覆う修復物が装着されていないものとした。

2. 下顎の変位および筋活動の測定

咬みしめ時の前頭面上での下顎の回転方向と回転量を評価するために、セントラルベアリング装置上で咬みしめさせたときの下顎左右第一小臼歯頬側咬頭を結んだ直線の中央と下顎左右第二大臼歯遠心辺縁隆線中央部の変位量を、差動変圧器式変位計測装置⁷⁾を用いて測定した。同時に咬筋および側頭筋前部の筋活動の測定を行った。

1) セントラルベアリング装置

セントラルベアリング装置は、習慣性閉口時に、下顎左右第一小臼歯頬側咬頭を結んだ直線の中央に、支持点が位置するように上下歯列に即時重合レジン（OSTRON II ジーシー社製）を用いて製作した（図1）。咬合高径はセントラルベアリング装置支持部において、咬頭嵌合位よりも約2mm高くなった。

図1 Schematic drawing of central bearing device
セントラルベアリング装置の模式図

2) 差動変圧器式変位計測装置

差動変圧器式変位計測装置は4組の差動変圧器（1501型差動変圧器 新光電機社製）と変位計（MD-1000-042型 新光電機社製）で構成されている。各差動変圧器はクラッチを介して上下顎歯列に固定された顔弓上に設置した。センサ部は上顎顔弓に固定し、標点は下顎顔弓に付与した標点設定用のテーブル上に設定した（図2）。

あらかじめ、歯列模型に装着した下顎顔弓上の標点設定用テーブル上に、下顎左右第一小臼歯の頬側咬頭を結ぶ直線と下顎左右第二大臼歯遠心辺縁隆線中央部を結ぶ直線を記入し、上下顎顔弓を口腔内に装着したのち、これらの直線上に標点を設定した。この標点の先端に直径3mmのボールベアリングを付けたコアが接触するように、センサの位置をコアにあわせ、その方向が上顎歯列弓に対して垂

図2 Location of the targets and formula to transform output data from the sensors to the amplitude of the movement

AA': Vertical displacement of right posterior target,
DD': Vertical displacement of left posterior target,
BB': Vertical displacement of distal marginal ridge of right second molar, CC': Vertical displacement of distal marginal ridge of left second molar

$$BB' = (DD' - AA') AB/AD + AA'$$

$$CC' = (DD' - AA') AC/AD + AA'$$

aa': Vertical displacement of right anterior target,
cc': Vertical displacement of left anterior target, bb': Vertical displacement of the center of arch width at first premolar

$$bb' = (cc' - aa') ab/ac + aa'$$

標点の設定位置とセンサからの出力を測定点の変位量に変換するための計算式

AA': 右側後方ターゲットの変位量, DD': 左側後方ターゲットの変位量, BB': 右側第二大臼歯遠心辺縁隆線の変位量, CC': 左側第二大臼歯遠心辺縁隆線の変位量

$$BB' = (DD' - AA') AB/AD + AA'$$

$$CC' = (DD' - AA') AC/AD + AA'$$

aa': 右側前方ターゲットの変位量, cc': 左側前方ターゲットの変位量, bb': 左右第一小臼歯間の中央の変位量

$$bb' = (cc' - aa') ab/ac + aa'$$

直になるように調整した。4 標点の変位をコアを介してセンサ部で検出し、センサからの出力は変位計で変換、増幅後データレコーダ (PC 116 型 SONY 社製) を用いて磁気テープに収録した。

3) 筋活動量の測定と咬みしめ強度の規定

下顎の変位の測定と同時に表面電極 (双極 AgCl 表面電極 ユニークメディカル社製) を用いて左右両側の咬筋浅部、側頭筋前部より筋活動を導出した。これらの 4 筋の活動電位を生体電気現象用増幅器 (1253 A 型 日本電気三栄社製) で増幅後データレコーダ (PC 116 型 SONY 社製) に収録した。これと同時に、積分加算ユニットを用いて 4 筋の活動電位を加算し、オシロスコープ上に視覚的フィードバックすることにより咬みしめ強度を規定した。咬みしめ強度は、安定した咬みしめの維持が可能で、下顎骨の変形が最小となるように、咬頭嵌合位における最大咬みしめの 20% とした。

4) 測定手順

はじめに、装置を装着しない状態で咬頭嵌合位における最大咬みしめを行わせた。次にセントラルベアリング装置を装着し、咬頭嵌合位における最大咬みしめの 20% の強さの咬みしめを行わせた。

被験者にはセントラルベアリング装置を装着した状態で、習慣性閉口を行わせ、上下顎の装置が接触し、力が加わっていない状態を維持させた後、術者の指示で咬みしめを開始させた。咬みしめの強さが最大咬みしめの 20% レベルに達した後、その状態を 3 秒間維持させた。咬みしめは各被験者について 5 回行わせた。

測定終了後、下顎顔弓を模型に戻し、各標点と下顎左右第一小臼歯頬側咬頭を結んだ直線の中央および下顎左右第二大臼歯遠心辺縁隆線中央部の位置関係を記録した。

5) データ処理

記録した下顎の変位と筋活動の解析には波形分析ソフトウェア (MacLab AD instrument 社製) を用いて以下の処理を行った。

各センサからの出力電位はサンプリングレート 1 msec で AD 変換後、平滑化し、時系列データとしてグラフィック・ディスプレイ上に表示した。グラフィック・ディスプレイ上で咬みしめ中の中央 0.5 秒間の区間を選択し、同区間中の平均電位とクレンジング前の平均電位の差から 4 標点の変位量を求めた。これらの変位量と各標点と測定点との位置関係から、図 2 に示す式を用いて下顎左右第一小臼歯頬側咬頭を結んだ直線の中央および下顎第二大臼歯遠心辺縁隆線中央部の 3 測定点の変位量を求めた。求められた変位量を 5 回の試行について平均し、各被験者の変位量とした。

各筋の活動電位はサンプリングレート 1 msec で AD 変換後、変位量を求める際と同じ 0.5 秒間の区間における実効値を求め、各被験者の筋活動量とした。

3. 片側咬みしめ時の非咬みしめ側における咬合接触面積の測定

咀嚼閉口時の咬合接触状態をシミュレートするために被験者に片側でストリップス (occlusal registration strips ARTUS 社製) を咬みしめさせた。このときの非咬みしめ側の咬合接触状態をブラックシリコン (BITE-CHECKER ジーシー社製) を用いて記録し、画像解析装置 (Luzex-FS NIRECO 社製) にて接触面積を測定した。

測定前に、あらかじめ 100 μm 間隔で 150~550 μm の 5 段階の厚さのストリップスを用意した。各被験者について、これらのストリップスを片側の上顎第一小臼歯部に挿入して最大咬みしめの 20% の力で咬みしめさせ、反対側の歯の接触をブラックシリコンを用いて観察した。そして、左側咬みしめ時、ならびに右側咬みしめ時の両方について、反対側に咬合接触が認められる最大の厚さのストリップスを被験者ごとに選択した。なお、ストリップス咬みしめ側に歯の接触は認められなかった。各被験者における選択したストリップスの厚さを表 1 に示す。

次に、片側の上顎第一小臼歯部に選択した厚さのストリップスを挿入し、習慣性閉口位での咬みしめを指示し、ストリップスを挿入していない側の歯の接触状態をブラックシリコンを用いて 6 回記録した。咬みしめの強さは、下顎の変位測定時と同様に両側咬筋浅部、側頭筋前部計 4 筋の活動電位を視覚的にフィードバックすることにより、咬頭嵌合位における最大咬みしめの 20% とした。

接触状態を記録したブラックシリコン (図 3) の分析には画像解析装置を用い、CCD ビデオカメラにて得られたブラックシリコンの透過光による画像を、厚さ 40~50 μm のブラックシリコンの光線透過率を閾値として二値化し、左右それぞれについて接触点の面積を求めた¹⁰⁾。その際、透過光が咬合平面と直交するように、記録したブラックシリコンはいったん歯列模型に適合させ、咬合平面に平行な平面上で安定するようにした。

4. 下顎の変位と非咬みしめ側の咬合接触面積との関係の分析

セントラルベアリング装置上で咬みしめた場合の左右第

表 1 Thickness of film strips used for each subject
各被験者におけるストリップスの厚さ

Subject	Thickness
A	450 μm
B	250 μm
C	450 μm
D	250 μm
E	450 μm
F	150 μm
G	350 μm

二大臼歯遠心辺縁隆線中央部における変位量の左右差と片側咬みしめ時の非咬みしめ側における総接触面積の左右差の相関関係を、ピアソンの相関係数を求めて検討した ($p < 0.05$).

図 3 Occlusal contact records
咬合接触の記録

III. 結 果

1. セントラルベアリング装置上で咬みしめを行わせた場合の下顎左右第一小臼歯頬側咬頭を結んだ直線の中央と下顎左右第二大臼歯遠心辺縁隆線中央部の上方変位量の平均値と標準偏差を、図 4 に示す。下顎第二大臼歯部の上方変位量は被験者 A, F, G で右のほうが大きく、被験者 B, C, D, E では左のほうが大きかった。また下顎左右第一小臼歯間の中央の上方変位量は、左右第二大臼歯部の上方変位量が大いものほど大きい傾向がみられた。

2. セントラルベアリング装置上で咬みしめを行わせた場合の咬筋および側頭筋前部の筋活動量の平均値と標準偏差を、左右に分けて図 5 に示す。咬筋の筋活動量は被験者 F, G で右のほうが大きく、被験者 A, B, C, D, E では

図 4 Displacement of the center of arch width at first premolar and bilateral second molars during clenching on central bearing device
セントラルベアリング装置上での咬みしめにおける左右第一小臼歯間の中央と左右第二大臼歯部の上方変位量

図 5 EMG activity of bilateral masseter and anterior temporal muscles during clenching on central bearing device
セントラルベアリング装置上での咬みしめにおける左右咬筋および側頭筋前部の筋活動

図 6 Each tooth contact area on simulated non-chewing side
非咬みしめ側における各歯の咬合接触面積

図 7 Right and left tooth contact area on simulated non-chewing side
非咬みしめ側における左右の総接触面積

左のほうが大きかった。側頭筋の筋活動量は被験者 D, F で右のほうが大きく、被験者 A, B, E では左のほうが大きかった。被験者 C, G では左右差はほとんどみられなかった。

3. 片側咬みしめ時の非咬みしめ側における上顎の各歯の咬合接触面積を、被験者ごとに左右平均接触面積の和として図 6 に示す。上顎第三大臼歯を除外すると、接触面積は小臼歯部よりも大臼歯部のほうが大きく、7 名中 5 名で第一大臼歯よりも第二大臼歯のほうが大きかった。

4. 片側咬みしめ時の非咬みしめ側における左右それぞれの総接触面積の平均値と標準偏差を、被験者ごとに図 7 に示す。被験者 A, F, G で右のほうが大きく、被験者 B, C, D, E では左のほうが大きかった。

5. 片側咬みしめ時の非咬みしめ側における総接触面積の左右差と、セントラルベアリング装置上で咬みしめた場

合の左右第二大臼歯部における上方変位量の左右差は、有意な正の相関関係を有していた ($r=0.85$, $p=0.01$ 図 8-a)。

片側咬みしめ時の非咬みしめ側における総接触面積の左右差と、セントラルベアリング装置上で咬みしめた場合の咬筋の活動量の左右差には、有意な相関関係が認められなかった ($r=0.65$, $p=0.11$ 図 8-b)。

片側咬みしめ時の非咬みしめ側における総接触面積の左右差と、セントラルベアリング装置上で咬みしめた場合の側頭筋の活動量の左右差には、有意な相関関係が認められなかった ($r=-0.81$, $p=0.86$ 図 8-c)。

図 8

- a : Correlation between side differences of tooth contact area and jaw displacement
- b : Correlation between side differences of tooth contact area and masseter muscle activity
- c : Correlation between side differences of tooth contact area and anterior temporal muscle activity
- a : 非咬みしめ側接触面積と第二大臼歯部変位量の左右差の関係
- b : 非咬みしめ側接触面積と咬筋筋活動量の左右差の関係
- c : 非咬みしめ側接触面積と側頭筋筋活動量の左右差の関係

IV. 考 察

1. 下顎の変位の測定方法について

セントラルベアリング装置上における咬みしめ時の下顎の変位を測定する際に6自由度顎運動測定器¹¹⁻¹³⁾を用いれば、今回用いた1自由度での4点測定と較べてより詳細な変位が記録できる。しかし、本研究では、下顎の前頭面上での回転方向と回転量に注目しており、その回転量はかなり小さいことから、感度が高く、出力が安定しており、直線性が優れ、使用方法が簡便である⁷⁾差動変圧器を用いて、3測定点の上下方向の変位を測定した。

下顎左右第一小臼歯間の中央の変位量は最小で94 μm (被験者C)、最大で660 μm (被験者D)を示し、変位量が大きい被験者ほど、左右の第二大臼歯部の変位量が大きかった。これは、下顎が全体として上方に変位する量が被験者により異なることを示している。このような変位量の差が被験者間でみられた原因として、被験者間での咬合力の差が、セントラルベアリング装置のたわみやセントラルベアリング装置と歯列との間におけるずれの程度に差を生じさせたことが考えられる。

一方、第二大臼歯部の変位量の左右差については下顎左右第一小臼歯間の中央の変位量が大きいほど、左右差が大きいというような関係はみられなかった。このことから、下顎全体の上方への変位が前頭面上で下顎の回転に及ぼす影響は少なく、前頭面上における下顎の回転に検討を加える場合、下顎左右第一小臼歯間の中央の変位量の被験者間での差は問題にならないと考えられる。

2. 非咬みしめ側の咬合接触面積の測定方法について

片側咬みしめを行わせて非咀嚼側接触に検討を加える場合、咬みしめを行わせる歯種や、その歯における接触点の数や位置により非咬みしめ側の接触状態は変わってくるため、ストリップスをどこで咬ませるかが問題となる。咀嚼時において、食塊は主に小臼歯部か大臼歯部にあり、小臼歯部と大臼歯部ではその割合に有意差がみられなかったと報告されている¹⁴⁾。このことから、小臼歯部と大臼歯部が咬みしめ部位として適当であると考えられるが、大臼歯部よりも小臼歯部のほうが接触点の数と位置に左右の違いが少なかったため、本研究では小臼歯部で片側咬みしめを行わせた。各被験者に咬みしめさせるストリップスの厚さは、両側で片側咬みしめを行った際に、反対側に接触が起こるほぼ最大の厚さとするにより、150~450 μm となった。この被験者間でのストリップス厚さの違いは、回転が起こりにくい側で咬みしめを行わせた際の下顎の回転量と関連していると考えられ¹⁵⁾、下顎の回転量が少ないほど、被験者に咬みしめさせるストリップスが薄くなるものと推察される。しかし本研究では、片側咬みしめ時の下顎

の変位は測定していないため、ストリップスの厚さと下顎の変位に関する詳細については不明である。

咬合接触面積の測定には流れの良いシリコンを用いた方法^{10,16)}や感圧フィルム¹⁷⁾を用いた方法が利用されている。本研究では、感圧フィルムを用いると、その厚みが咬合接触関係に影響を及ぼすためブラックシリコンを用いた。

3. 結果について

Christensen ら¹⁸⁾は咀嚼時における上下顎両側の犬歯および第一大臼歯の接触を測定し、非咀嚼側の臼歯でのみ接触する咀嚼ストロークがあることを観察し、この接触は下顎が咬頭嵌合位付近で前頭面上と水平面上において回転しているために生じると述べている。この回転は咀嚼中の食塊を支点として筋の活動によって生じ下顎頭の動きに規制される。回転の要素のうち、支点となる食塊についてはその形状や歯列内での位置が変化する。一方、筋の活動様式と下顎頭の動きについては被験者固有の特性があり、その特性は支持点が正中にあるセントラルベアリング装置上での咬みしめにおける回転にも影響を及ぼすと考えられる。そこで、本研究では各被験者の有する前頭面上における回転の特性を評価するためにセントラルベアリング装置上での咬みしめを行わせた。その結果、下顎第二大臼歯部の上方変位量の左右差と下顎左右第二大臼歯間の距離から下顎の回転量を求めると、最大でおよそ0.1度であった。Ras-souli ら¹⁹⁾は、片側の下顎第二小臼歯と第一大臼歯に厚さ0.24 mm のレジンスプリントを装着し、強い咬みしめを行わせて前頭面上における回転量を測定し、その平均値が0.7度であったと報告している。今回の回転量は0.7度と比べるとかなり小さいが、筋活動量が最大咬みしめの5分の1程度であり、支持点が正中にあることを考えると妥当であろう。

大久保ら⁹⁾は、歯列模型の三次元形態の測定と下顎運動の6自由度での測定から咀嚼運動時の咬合接触およびクリアランスを解析し、ガム咀嚼およびピーナッツ咀嚼の閉口時、非咀嚼側の上顎大臼歯舌側咬頭内斜面および下顎頬側咬頭内斜面には咀嚼側よりも広い咬合接触が認められたと述べている。これは、非咀嚼側の咬合接触面積が大臼歯部で大きいことを示しており、本研究でみられた、非咬みしめ側の咬合接触面積がほとんど大臼歯部に占められていたことと一致する。

セントラルベアリング装置上で咬みしめた場合の左右第二大臼歯部の上方変位量の左右差と片側咬みしめ時の非咬みしめ側の咬合接触面積には、有意な正の相関が認められた。これは、セントラルベアリング装置上で上方に変位しやすい側の非咬みしめ側の接触面積が、反対側より大きくなり、変位量の左右差が大きいほど接触面積の左右差が大きくなることを示している。このことは、咀嚼を考えた場

合の非咀嚼側についても同様のことが起こることを示唆しており、セントラルベアリング装置上で上方に変位しやすい側の非咀嚼側の接触面積は、反対側より大きくなると考えられる。このように、セントラルベアリング装置上で下顎の回転と非咬みしめ側の咬合接触面積との間に相関がみられた原因として、セントラルベアリング装置上で下顎の回転と片側咬みしめ時のストリップスを支点にした回転とが密接な関係にあることが考えられる。つまり、セントラルベアリング装置上で下顎が上方に変位しやすい側では、片側咬みしめ時にも上方に変位しやすく、上下歯列間のクリアランスが反対側より小さくなるものと思われる。

一方、セントラルベアリング装置上で咬みしめた場合の咬筋と側頭筋前部の筋活動量と片側咬みしめ時の非咬みしめ側の咬合接触面積には、有意な相関関係が認められなかった。セントラルベアリング装置上で下顎の回転と非咬みしめ側の接触面積との間に相関関係がみられたものの、咬筋および側頭筋前部の活動量と接触面積との間には相関がみられなかったことから、咬筋あるいは側頭筋のみが下顎の回転を決定し非咀嚼側接触状態に影響を及ぼしているのではなく、咬筋と側頭筋前部以外の筋活動や靱帯の可動性を含めた下顎頭の動きも下顎の回転に作用し、非咀嚼側接触状態に影響を及ぼしているものと考えられる。

また、咬合接触面積は増齡的に咬耗が進むことにより増大するとの報告から^{20,21)}、機能運動あるいは非機能運動により非咀嚼側の接触部位の咬耗に左右差が生じ、非咬みしめ側の咬合接触面積の左右差が生じることも考えられる。このような咬耗の左右差を発生させる機能運動や非機能運動に対しても、下顎の回転を規定している筋活動や下顎頭の動きが影響を及ぼしている可能性がある。

V. 結 論

非咀嚼側での咬合接触の発現に影響を及ぼす因子について検討を加える目的で、セントラルベアリング装置上で咬みしめさせたときの下顎左右第二大臼歯部の変位量および筋活動と片側でストリップスの咬みしめを行わせた際の非咬みしめ側咬合接触面積を測定し、これらの関係を調べた。結果は以下の通りである。

1. 非咬みしめ側の接触面積の左右差は、咬みしめ時の第二大臼歯部における変位量の左右差と相関関係を有していた。

2. 非咬みしめ側の接触面積の左右差と、咬筋および側頭筋前部の筋活動の左右差との間には相関関係が認められなかった。

これらの結果から、咬みしめ時の下顎の回転と非咀嚼側咬合接触の間に密接な関係があることが示唆された。また、咬筋あるいは側頭筋の活動のみが下顎の回転を決定し非咀嚼側接触状態に影響を及ぼしているのではなく、咬筋

と側頭筋前部以外の筋活動や靱帯の可動性を含めた下顎頭の動きも下顎の回転に作用し非咀嚼側接触状態に影響を及ぼしていることが考えられた。

本論文の要旨の一部は、第45回国際歯科研究学会日本部会(JADR) 学術大会(平成9年12月7日, 徳島)において発表した。

本研究の一部は平成9年度科学研究費補助金(課題番号: 09771676)で行われた。

文 献

- Schuyler CH. Factors contributing to traumatic occlusion. *J Prosthet Dent* 11: 708-715, 1961.
- Dawson PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems 434-456, St Louis: The CV Mosby Co, 1989.
- Ingervall B, Carlsson GE. Masticatory muscle activity before and after elimination of balancing side occlusal interference. *J Oral Rehabil* 9: 183-192, 1982.
- 藍 稔, 中野雅徳. 顎口腔系の形態, 機能に関する臨床的調査 第2報 咬合について. *補綴誌* 19: 385-390, 1975.
- Korioth TWP, Hannam AG. Effect of bilateral asymmetric tooth clenching on load distribution at the mandibular condyles. *J Prosthet Dent* 64: 62-73, 1990.
- Minagi S, Watanabe H, Sato T et al. The relationship between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: Proposition of the concept of balancing-side protection. *J Craniomandib Disord* 4: 251-256, 1990.
- 馬場一美, 湯上 圭, 屋嘉智彦ほか. 咬合接触部位の違いが側方クレンチング時の下顎の変位に及ぼす影響. *補綴誌* 43: 328-334, 1999.
- Møller E. The chewing apparatus: An electromyographic study of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta Physiol Scand* 69 suppl: 75-110, 1966.
- 大久保由紀子, 坂東永一. 機能運動時の咬合接触およびクリアランス. *補綴誌* 36: 746-760, 1992.
- 日比英晴. 天然歯列咬合小面の傾斜角および面積に関する研究. *口病誌* 58: 138-154, 1991.
- 坂東永一, 中野雅徳, 藤村哲也ほか. 顎機能の臨床的診査 MM-JI を用いて. *補綴誌* 42: 894-901, 1998.
- 常盤 肇, 桑原洋助. 顎機能の臨床的診査 ナソヘキサグラフを用いて. *補綴誌* 42: 902-912, 1998.
- 河野正司. 6 自由度顎運動測定装置 TRIMET を使って. *補綴誌* 42: 913-920, 1998.
- Wictorin L, Hedegård B, Lundberg M. Masticatory function—a cineradiographic study III. Position of the bolus in individuals with full complement of natural teeth. *Acta Odontol Scand* 26: 213-222, 1968.
- Gerber A, Steinhardt G. Dental occlusion and the temporomandibular joint 35-36, Chicago: Quintessence Publishing Co, 1990.
- 中尾勝彦. 正常天然歯列における咬合小面と歯牙接触に関する

研究（咬頭嵌合位）。補綴誌 14：1-21, 1970.

- 17) 鈴木哲也, 渡邊竜登美, 吉富信幸ほか. 感圧シートを用いた新しい咬合圧測定システムの有用性. 補綴誌 38：966-973, 1994.
- 18) Christensen LV, McKay DC. Masticatory tooth contact patterns : Predicted and observed cuspid and first molar contacts in cuspid and group function. J Craniomandib Pract 15 : 10-20, 1997.
- 19) Rassouli NM, Christensen LV. Experimental occlusal interferences. Part III. Mandibular rotations induced by a rigid interference. J Oral Rehabil 22 : 781-789, 1995.
- 20) 落合通雄. 各種咬合位における自然歯列および各歯の対合接触状態に関する研究. 日大歯学 38 : 448-495, 1964.
- 21) Seligman DA, Pullinger AG. The degree to which dental attrition in modern society is a function of age and of canine contact. J Orofac Pain 9 : 266-275, 1995.

著者連絡先：秋重 智司

〒113-8549 東京都文京区湯島 1-5-45

TEL・FAX 03-5803-5516