

## 咬頭嵌合位での咬合接触に括目せよ

田中 昌博

### Focus on Occlusal Contacts in the Intercuspal Position

Masahiro Tanaka, DDS, PhD

#### 抄 録

補綴臨床における咬合接触の意義・考え方と関連検査機器について、という課題を与えられ、まず対象となる文献を検索した。二次資料データベースとして、MEDLINE, EMBASE, 医学中央雑誌を選んだ。「Occlusion」&「Intercuspal position」、あるいは「咬合接触」かつ「咬頭嵌合位」を検索語として、1990年1月1日から2013年12月31日までに発刊された文献を、インターネットを経由して入手した。

ヒトの永久歯列を対象とした臨床研究論文に絞り、まず①英語あるいは日本語以外で書かれた論文、②歯列模型や解析数学モデルを用いた研究室内での論文、③実験的に咬合干渉を付与した論文、そして④著書、症例報告ならびに総説を除外した。さらに、今回の課題に合致した補綴臨床に直結した原著論文を、抄録ならびに本文の方法と材料からハンドサーチにて選択した。

咬合接触の検査法について、1. 咬合紙法、2. 引き抜き試験、3. チェックバイト法として1) 咬合検査用ワックス、2) シリコンゴム咬合検査材、4. 感圧フィルムによる検査法として1) 咬合力測定システム、2) 咬合接触圧分布測定システムを紹介した。

咬合は粘弾性体同士の接触であることを基にして、検査法の信頼性に触れて、咬合接触の正常像を示した。

#### 和文キーワード

咬頭嵌合位, 咬合接触, 咬合検査

### I. 文献の検索について

補綴臨床における咬合接触の意義・考え方と関連検査機器について、という課題を与えられ、まず対象となる文献を検索した。二次資料データベースとして、MEDLINE, EMBASE, 医学中央雑誌（以下、医中誌）を選んだ。MEDLINE は世界最大の医学系データベースで、さらに網羅性を高めるために EMBASE というヨーロッパの、医中誌という日本のデータベースも検索した。「Occlusion」&「Intercuspal position」、あるいは「咬合接触」かつ「咬頭嵌合位」を検索語として、1990年1月1日から2013年12月31日までに発刊された文献を、インターネットを経由して入手した。

表1に、検索された論文数を記した。MEDLINEで256件、EMBASEで213件と、ややMEDLINEでの件

数が多かった。6年に区切って4期の件数を図1に示した。いずれの期においてもMEDLINEがEMBASEより件数が多かった。今回の検索語に関連した論文の相当数が重複検索された。一方、医中誌から97件を検索できた（図2）。

その後、ヒトの永久歯列を対象とした臨床研究論文に絞り、①英語あるいは日本語以外で書かれた論文、②模型や解析モデルを用いた研究室内での論文、③実験的に咬合干渉を付与した論文、そして④著書、症例報告ならびに総説を除外した。さらにハンドサーチして、抄録ならびに本文の方法と材料から、今回の課題に合致した補綴臨床に直結した論文を選択した。

### II. 咬合接触の検査法について

現状、咬合紙、ストリップス、ワックス、シリコー

表1 Obtained references published between January 1, 1990 and December 31, 2013.  
1990年1月1日から2013年12月31日までの期間で検索された論文

データベース	言語	論文数
MEDLINE	英語	224
	日本語	11
	中国語	11
	ドイツ語	3
	イタリア語	3
	オランダ語	2
	ハンガリー語	1
EMBASE	アフリカーンス語	1
	英語	177
	日本語	18
	中国語	8
	ドイツ語	3
	イタリア語	3
医中誌	オランダ語	2
	ハンガリー語	1
	アフリカーンス語	1
	英語	6
	日本語	91

ンゴム材, 導電性フィルム, いずれかを上下顎歯間に介在させて, 噛みしめて検査している. 噛みしめ力を受けた構造体(歯根膜, 顎骨, 顎関節)と介在物の力学的挙動をよく承知して<sup>1)</sup>, 検査結果を解釈する必要がある.

### 1. 咬合紙法

薄紙やプラスチックフィルムの片面もしくは両面に色素が塗布された厚さ 30  $\mu\text{m}$  の短冊状の咬合紙が一般的に用いられる. 咬合紙ホルダーに咬合紙を把持して, 口腔内に挿入し, 上下顎歯間で咬合させる. たとえ片側のみ補綴装置であっても, 咬頭嵌合位における咬合調整において, 咬合紙は必ず両側に介在させて咬合紙の印記を行うことが必要である<sup>2)</sup>.

咬頭嵌合位や偏心咬合位での咬合接触の位置を観察する. そして, 咬合紙の色素の抜け落ちや穿孔, あるいは歯面上への印記の濃淡から, 咬合接触の強さを評価する<sup>3-6)</sup>. 操作が簡単で, 経済性の面からも頻用されている.

しかし, 咬合接触部の材質, 表面あらかさや湿潤状態, 噛む回数によって記録が変わるので再現性が低く<sup>7)</sup>, 定量的評価が難しい, などの問題点が指摘されている.

### 2. 引き抜き試験

プラスチックや金属の厚さ 10  $\mu\text{m}$  前後のストリップス(薄膜)を上下顎歯間に介在させて, 咬頭嵌合位

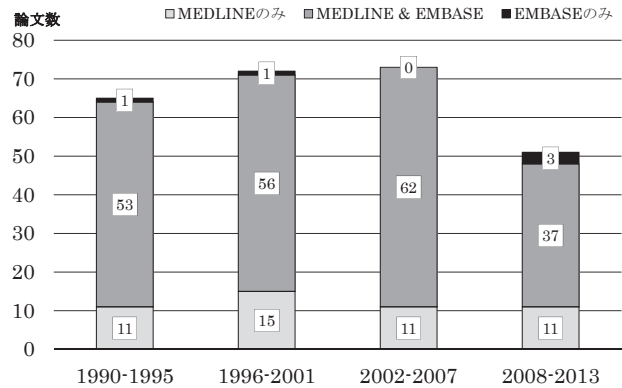


図1 The number of papers published for 6 years, which were retrieved from MEDLINE and EMBASE.  
MEDLINE と EMBASE から検索された6年間ごとの検索論文数

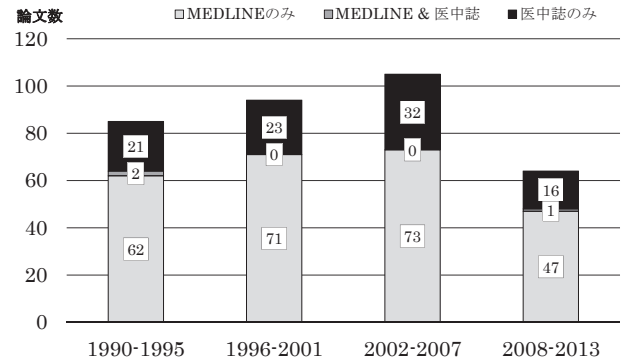


図2 The number of papers published for 6 years, which were retrieved from MEDLINE and ICHUSHI.  
MEDLINE と 医中誌から検索された6年間ごとの検索論文数

や偏心咬合位で1歯ずつ引き抜く. 引き抜く際の抵抗から接触の有無や緊密度を評価する<sup>8-11)</sup>. ただし, 咬合接触点の位置については検査できない.

### 3. チェックバイト法

アルギン酸印象材をチェックバイトの材料とした研究<sup>12)</sup>もあったが, 寸法安定性に劣るので, 現在では使用されていない.

#### 1) 咬合検査用ワックス

咬頭嵌合位で, 厚さ 0.5 mm のワックスを噛ませて<sup>13)</sup>, 口腔外に取り出し, 穿孔や薄くなった領域を3段階に評価する<sup>14)</sup>. ある程度の咬合力を発揮させた状態で, 検査する.

#### 2) シリコーンゴム咬合検査材

シリコーンゴム検査材を下顎歯列上に置いてから咬合させ, 硬化後, 口腔外に取り出したシリコーン・

チェックバイトを透過光下で観察する。透過光下でのシリコン・チェックバイトをビデオカメラで撮り込み、設定した上下顎歯間距離に相当する咬合接触部を、2値化処理によって自動検出して、二次元的に咬合接触を検査する<sup>15-36)</sup>。シリコンゴムは寸法精度、フロー、分離性、再現性に優れ、その厚さと透過光量との間に回帰曲線が求まり、客観性に優れる<sup>37,38)</sup>。メーカーから販売された分析機器としてAnaBiter<sup>39,40)</sup>、最近ではバイトアイ<sup>®36)</sup>がある。

なお、真の咬合接触点の上下顎歯間距離は0 $\mu$ mであるが、いずれの検査でも上下顎歯間に検査材を介在させている。したがって、穿孔しない限り、被膜限界までの上下顎歯間距離が咬合接触点上に存在する。そこで多くの研究では、上下顎歯間距離を30 $\mu$ m前後に設定して、その厚みの範囲を咬合接触部として、咬合の緊密度を表している。

咬合接触面積の評価では30～50 $\mu$ mの検出域で、咬合接触点数の評価では5 $\mu$ mの検出域が、定量的に正確に測定できる<sup>36)</sup>という。

非接触型三次元形状計測装置を用いて、シリコン・チェックバイトを三次元計測する咬合検査法も報告されている<sup>41-48)</sup>。また、シリコン・チェックバイトの二次元画像から写真測量法を応用して三次元的な咬合接触の位置情報を得る方法も提案されている<sup>50)</sup>。

#### 4. 感圧フィルムによる検査法

##### 1) 咬合力測定システム (以下、プレスケール)<sup>49-52)</sup>

厚さ98 $\mu$ mのPETフィルム内に、発色剤が封入されたマイクロカプセルと顕色剤が塗布されたデンタルプレスケールを使用する。

プレスケールを口腔内に挿入して、噛みしめるとマイクロカプセルが壊れて赤色に発色する。噛みしめ強さが増すと破壊されるマイクロカプセルも増えるので、赤色が濃くなる。噛み始めからの発色が合算される。その発色状態から、専用の解析装置オクルーザーで咬合接触面積、咬合力を定量的に評価する。

ある程度の咬合力下でないと、マイクロカプセルが発色しない。また現在、本システムの販売は中止されている。

##### 2) 咬合接触圧分布測定システム (以下、Tスキャン)<sup>43,53-71)</sup>

ポリエステルフィルムに電極がプリントされ、電極の行と列が交差するように2枚を重ねて、圧力変化に応じて電気抵抗値が変わる特殊インクをフィルム間に塗布したセンサーシートを用いる。それは厚さ80 $\mu$ mで、約1500の測定点を持つ。

センサーシートをセンサーサポートに装着して、上

下顎歯列間に挿入する。患者に、下顎安静位からできるだけ早く、そして強く噛むように指示する。

100分の1秒間隔で、咬合接触点の位置、各接触点の順序、力の大きさを定量的に記録できる。それらの測定値から、歯列内の咬合力の前後の並びに左右の分布、咬合圧重心を算出して、歯列内での咬合バランスを即座に画面表示できる。

Tスキャン画面上の歯列は、実際の歯列と一致しないので、1歯ごとの咬合力、接触面積を測定することはできない。また、厚いシートを噛む問題点の指摘<sup>36,72)</sup>があり、シリコン・チェックバイト法との併用が望ましい。

### III. 検査法の信頼性について

患者の主観的情報だけでは、診断が患者の治療コンプライアンスに依存したものとなる。正しい診断をするうえで、客観的情報を得る検査が必要である。

ところで検査法は、主として2つの視点、妥当性と信頼性で評価される。妥当性とは、測りたい特性に焦点を当てて、それを的確にとらえているか、という評価である。信頼性とは、繰り返し測定して同じ結果が得られるかという評価で、同じ術者による再検査信頼性や異なる術者による術者間信頼性がある。その確認のもとで基準値、いわゆる正常範囲が定まり、客観的判断が容易になる。

ここで、それぞれの検査法の妥当性は相応すると判断して、信頼性について確認した(以下、n=被検者数)。

#### 1. 咬合紙法では

29名に対して、咬頭嵌合位で静的な咬合関係を咬合紙にて記録した。また、動的な咬合関係を偏心咬合位にて静的な咬合と異なる色の咬合紙で記録した。静的な咬合関係と動的な咬合関係をスケッチした。スケッチを3名の歯科医師が評価した。カップ値がいずれも0.85以上で、信頼できるという<sup>5,73)</sup>。ただし歯面をしっかり乾燥させ<sup>74)</sup>、検査時の管理を必要とする。

#### 2. 引き抜き試験では

ストリップス(シームストック<sup>®</sup>)による検査法は信頼できる(n=3)<sup>74)</sup>。術者内信頼性について、0.8～1と高いカップ値が示されている(n=94)<sup>11)</sup>。

さらに術者間一致、術者内一致について歯学生を被検者として検討したところ、咬合紙法より優れ、シリコン・チェックバイト法に次ぐ信頼性を示した(n=20)<sup>10)</sup>という。

また、24名での咬頭嵌合位の咬合接触状態を2名の歯科医師が検査した結果、シームストック<sup>®</sup>では、信

頼性評価指数が切歯、犬歯、小白歯、大白歯のどの部位においても咬合紙よりも高い値を示して、信頼性が高かった<sup>75)</sup>。

### 3. シリコーン・バイトチェック法では

付加型シリコーンゴム印象材による咬合記録が、咬頭嵌合位の再現性に最も優れていた (n=9)<sup>76)</sup>。特に、咬合接触面積と咬合接触の位置に関して信頼性がある (n=5)<sup>20)</sup>。シリコーンゴムの硬化まで、歯学生に可及的に軽度な閉口を指示したところ、咬頭嵌合位、偏心位で各5回の記録で、同一の歯種が接触しており、接触歯種の判定に極めて再現性が高かった (n=30)<sup>21)</sup>。

圧力を感知するシートでは咬頭において滑る可能性があり、シリコーン咬合検査材の方が定量的に正確に咬合接触面積を測定できると述べている (n=24)<sup>32)</sup>。

### 4. プレスケールでは

健常有歯顎者の咬頭嵌合位での咬合接触部位の検出率から、中等度以上の噛みしめ状態で再現性が良い。ただし、前歯部について測定もれの可能性に注意が必要と述べている (n=5)<sup>50)</sup>。術者内信頼性において、中等度噛みしめでは測定日数を2日、繰り返し回数3回による6回以上の平均値から、信頼度指数0.9以上を得る。最大噛みしめの場合には、測定日数1日、繰り返し回数3回以上、もしくは測定日数2日、繰り返し回数2回以上の平均値が必要である (n=10)<sup>77)</sup>。なお発色後の感圧シートの保管・管理が、検査結果に影響する。

### 5. Tスキャンでは

最大荷重を記録するまでの時間は、健常者において0.33秒で良好な再現性が示された (n=13)<sup>64)</sup>。20歳の健常有歯顎者において、咬頭嵌合位での最大随意噛みしめを測定日および3～4日後に2回目の計測を行って再検査信頼性を検討した結果、オクルージョンタイム (咬頭嵌合位における噛みしめ時の第一接触点から最大噛みしめの90%の咬合力を發揮する時点での経過時間) は良好な再検査信頼性を示した (n=11)<sup>65)</sup>。さらに、顎口腔系に問題のない被検者10名で、上下顎歯列間に同一のセンサーシートにて5回の繰り返し測定を行った結果、測定2回目と3回目の平均値が信頼性の高いことが分かった<sup>78)</sup>。Tスキャンを用いた咬合圧重心測定において、センサーサポートの上顎前歯部にシリコーンコア併用することにより、さらに高い信頼性を有する計測が可能となることが明らかとなった<sup>66,68)</sup>。

なお、測定時のチェアへの角度 (Upright, Semi-supine, Supine) については、有意な差は認められなかった (n=15)<sup>60)</sup>。各歯の咬合力の測定は不正確であっ

たが、各歯の接触順序には再現性があった (n=10)<sup>55)</sup>。

## IV. 咬合は粘弾性体同士の接触である

歯、歯根膜、顎骨、顎関節など咬合に関係する生体組織は、いずれも粘弾性体である。したがって上下顎歯の咬合を、粘弾性体同士の接触であると理解しなければならない。

その粘弾性体とは、弾性と粘性の両方の力学的特性を持つ物体をいう。破壊しない程度の外力の作用を受けると、変形 (ひずみ) が生じる。この変形の様相は、弾性体では、力を加えればその力の大きさに比例して瞬時に伸び、力を除くと同時に元の形に戻る。一方、粘性体では、力を加えると徐々に変形していき、力を加えるのをやめるとそのままの形状を保持する。よって粘弾性体では、力が加わると徐々に変形し、力を除くと徐々に元に戻る。

実際、口腔内で直接検査した場合、剛体である上顎模型を咬合器にフェイスボウで付着後、咬頭嵌合位で下顎模型を付着して、咬合器を調節した上下顎模型 (剛体) 間ではみられない現象を認める。

### 1. 咬頭嵌合位での接触

咬合接触面積は咬合力が大きいほど増加して<sup>22,28,29,33,36,62,79,80)</sup>、咬合接触関係が変化する<sup>81)</sup>。咬合接触点の歯数<sup>80)</sup> および点数も、最大噛みしめまで咀嚼圧が増加すると顕著に増加した<sup>60)</sup>。

噛みしめ強度を高めると、各歯の咬合接触率も高まった<sup>17)</sup>。総咬合圧が上昇した時に、大白歯部の割合は上昇して、小白歯と前歯部の割合は減じた<sup>80)</sup>。

上下顎歯間に介在させる咬合検査において、咬合力の違いに影響を受ける<sup>20)</sup> ので、噛みしめ強さの規定が必要である。Tosa J et al.<sup>15)</sup> は、早期接触により引き起こされる不安定な咬頭嵌合位を検査するうえで、軽く噛んだ状態と中等度で噛んだ状態で得た2つのシリコーン・チェックバイトを比較することを提案している。また岡田は、咬合接触点が多い強度噛みしめ時を基準とすべきである<sup>41)</sup> と述べ、見解は一致していない。

とはいえ、粘弾性体同士の接触である咬合を検査する際には、噛みしめ強度と噛みしめ時間を考慮せざるを得ない。

### 2. 滑走運動時の咬頭嵌合位近傍での接触

引き抜き試験から、側方咬合位で噛みしめ強度を強めると、上下顎間隙が減じた<sup>8)</sup>。咬頭嵌合位から側方へ0.5 mmの顎位において作業側、非作業側ともに白歯部の接触が高かった<sup>9)</sup>。両側ともAngle I級 (n=51) の歯学生において、咬頭嵌合位から0.5 mmの側方咬

合位で、27.5%が犬歯誘導とグループファンクションの混合で、19.6%が両側グループファンクションで、15.7%が両側犬歯誘導であった。前方滑走運動時には74.5%が臼歯離開咬合であった<sup>11)</sup>。さらに、86名の20歳代の被検者から側方0.5 mmならびに1.0 mmでの咬合位で、シームストック<sup>®</sup>を用いた引き抜き試験から、作業側ではグループファンクションがほとんどで、犬歯誘導咬合はわずかであった。作業側と非作業側の両側を見ると、約半数がバランスドオクルージョンであった<sup>82)</sup>。また、1 mm 側方位では小白歯、大白歯ともかなり高い頻度で接触がみられた<sup>83)</sup>という。

T スキャン検査から、いずれの咬合様式においても、側方滑走運動の初期、すなわち咬頭嵌合位付近では作業側と同時に平衡側にも咬合接触を認めた<sup>54)</sup>。また、85名において側方滑走運動時に犬歯誘導とグループファンクションの区別がつかなかったという<sup>69)</sup>。

剛体と仮定した咬合様式の分類から、粘弾性体での咬合様式の提案が新たに必要ではないか。

## V. 健常有歯顎者における咬合接触

### 1. 咬頭嵌合位

引き抜き試験から、25名において、咬頭嵌合位では76%の歯が接触しており、第一大臼歯および第二大臼歯は100%接触していた。次に小白歯が98～99%接触していた。犬歯および第三大臼歯は70～71%接触していた<sup>84)</sup>。

45名の犬歯から第二大臼歯までの修復されていない天然歯について、アルギン酸印象材を用いた咬合接触検査(印象材の穿孔部が接触部位)を用いて、多くの被検者で、片側臼歯部で7接触点を認め、大白歯が最も多かった。犬歯の接触頻度が最小であった。ほとんどの被検者で咬合接触点数や接触位置は左右側で非対称であった<sup>12)</sup>という。

シリコーン・チェックバイトから、健常者16名で26歯以上接触した者が多かった。最小18歯の者でも、臼歯部は接触していた<sup>85)</sup>。噛みしめ強度に関わらず臼歯部は咬合接触していたが、前歯部では強い噛みしめ時でも上下顎歯間距離60  $\mu\text{m}$ 以上を認めたとの報告もある(n=20)<sup>17)</sup>。20名の20歳代の被検者において、最大噛みしめを100% MVC (Maximum voluntary clenching)としたときの10% MVCにおける接触率は、上下顎歯間距離10  $\mu\text{m}$ 未満において臼歯では72%、11～60  $\mu\text{m}$ 未満において犬歯40%、60  $\mu\text{m}$ 以上において切歯79%であった。30% MVCにおける接触率は、10  $\mu\text{m}$ 未満で臼歯88%、11～60  $\mu\text{m}$ で犬歯45%、

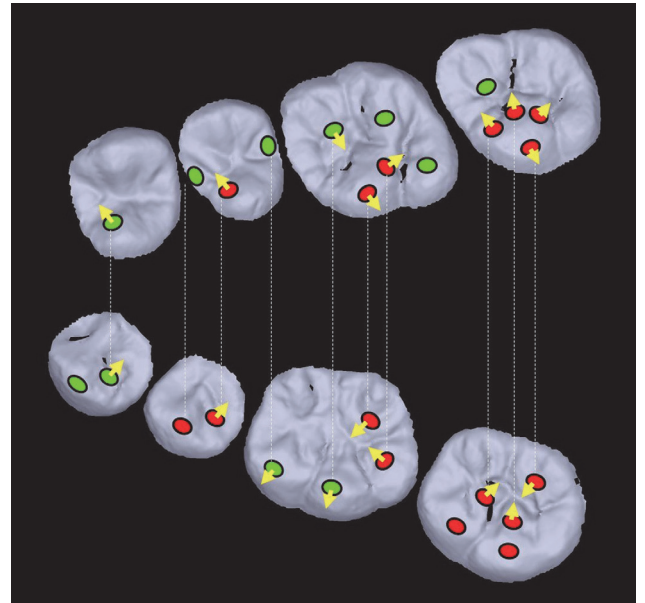


図3 The region and orientation of most frequent occlusal contacts area of molars in normal adults  
健常有歯顎者の臼歯で出現頻度の高い咬合接触域の位置と傾斜方向

60  $\mu\text{m}$ 以上で切歯68%と、噛みしめ強度を高めると咬合接触率も高まった<sup>17)</sup>。

上下顎臼歯の機能咬頭は、咬頭嵌合位での咬合接触に重要な役割を果たしている<sup>24)</sup>。

18名の個性正常咬合者に最大咬合力での咬頭嵌合位におけるシリコーン・チェックバイトから、両側の下顎第一小白歯、第二小白歯、第一大臼歯の咬合接触面積の左右差、性差を認めなかった<sup>27)</sup>。

シリコーン・チェックバイトの三次元的検査から、上下顎臼歯における出現頻度の高い咬合接触域の位置および接触の傾斜方向が示された<sup>42,45)</sup>(図3)。下顎第一大臼歯の近心口蓋側に咬合接触域は存在せず、その上下顎歯間を圧搾空間(Squeezing Room)と呼び、咀嚼時の食片の圧搾、粉碎さらに流れを制御すると考えた<sup>86)</sup>。

デンタルプレスケールから、健常有歯顎者(n=12)の咬頭嵌合位における咬合接触状態の左右側の均衡性が確認された<sup>51)</sup>。咬頭嵌合位で、噛みしめ強度を増すと咬合接触面積は増すが、咬合力を咬合接触面積で除した値は噛みしめ強度にかかわらず、ほぼ同じであった。咬合力の左右的バランスは噛みしめ強度上昇に伴い習慣性咀嚼側から正中に向かって、前後的には第一大臼歯の遠心1/3から第二大臼歯の近心1/3に相当する位置であった<sup>62)</sup>。最大噛みしめ時の接触面積に男女差はなかった<sup>52)</sup>。

T スキャンから、咬合時に左右側で大きな時間差がなく、すべての歯が同時に0.1秒以内で接触する<sup>71)</sup>。個々の接触点の力と位置から算出された咬合重心位置は、左右側に偏らず<sup>71)</sup>、前後的には第一大臼歯部に位置した<sup>53,57,58)</sup>。咬合圧は短時間でピークに達する<sup>64)</sup>。健常有歯顎者20名で、咬合力と咬合接触点数は正の相関を示した<sup>87)</sup>。素早い最大噛みしめを指示した時に、咬合接触点は最大となり、対称性を示した<sup>88)</sup>。最初に対合歯と接触した時点から0.15秒間を0.01秒刻みで記録したところ、咬合接触は前歯部より接触して、時間の経過とともに臼歯部に接触が認められた<sup>70)</sup>。

咬頭嵌合位での正常像として、噛みしめ強度が増すと、歯および顎関節への荷重負荷を避けるように、咬合力のバランスが歯列内でとられるとの考え<sup>62)</sup>もある。

咬合接触面積の左右差において、面積の大きい側と習慣性咀嚼側と一致する<sup>34)</sup>。小白歯部の咬合接触点数において大きな非対称性指数を認め、これは咀嚼の習慣性との関わりか、と推察した<sup>51)</sup>。習慣性咀嚼側で発揮できる咬合力と同側の咬合接触面積の間に、正の相関を認めた<sup>34)</sup>。総咬合接触面積に対する各臼歯の面積割合が大きいほど、各歯の歯根方向の歯根膜触・圧覚閾値が高まり、両者間に正の相関を認めた<sup>40)</sup> ことと関連があるかもしれない。

咬合接触面積が咀嚼能力に関わる<sup>32)</sup>。成人(n=15)の主機能部位は若年者(n=10)より後方に位置して、咬合接触面積は主機能部位の安定性に大きな影響を与える<sup>31)</sup>。咬頭嵌合位において最も緊密な咬合関係を示す部位に一致して、主機能部位を認めた。

高齢者(n=4, 平均72.0歳)では、若年者(n=6, 平均24.7歳)に比べて、咬頭嵌合位での接触点数でわずかに多いけれども有意差はなかった。接触面積において、前歯、小白歯ならびに大白歯いずれも高齢者の方が有意に大きかった<sup>26)</sup>。咬耗により、上下顎歯間距離が小さい咬合接触域での咬合接触域面積が顕著な増大を示した。咬耗による歯種間の特徴としては、第二小白歯と大白歯とがほぼ同程度の変化を示すことから、第一小白歯を除いて歯種間に著しい差異がなかった(n=6)<sup>16)</sup>。20歳代(n=5)、45~54歳(n=5)、60歳以上(n=5)の各年代の咬頭嵌合位における咬合接触状態から、非機能咬頭に比べて、機能咬頭での接触状態が加齢に伴う変化として大きかった<sup>44)</sup>。

## 2. 滑走運動時の咬頭嵌合位近傍

左右1mmの側方咬合位でシリコンゴム材を介在させて検査したところ、噛みしめを強めると接触面積は増加し<sup>33)</sup>、その増加量が大きい順は咬頭嵌合位、作業側、平衡側であった<sup>28)</sup>。側方滑走運動時に上下顎白

歯の機能咬頭頂付近に定点とみなせる咬合接触点があり、対合する非機能咬頭の斜面を滑走する<sup>24)</sup>。

T スキャンで、側方滑走運動時の作業側ならびに平衡側での臼歯離開、前方滑走運動時の臼歯離開、いずれも0.5秒以内が望ましい<sup>71)</sup>。

25歳男性の30年後において、咬頭嵌合位での咬合接触小面(接触部を含む小面)の数では、大白歯での増加数が他の歯種より最も多かった。また、前方運動、最後方咬合位、側方運動の平衡側の接触小面数も大白歯に増加が認められた<sup>30)</sup>。

## VI. 咬合異常と顎関節症

顎機能異常患者では噛みしめ強度の増加に伴い下顎の変位を伴って咬合接触位置が変わる。シリコン・チェックバイトから、臼歯部の咬合接触歯数について、軽い噛みしめ時では健常有歯顎者(n=10)と顎機能異常患者(n=10)との間に有意差を認めなかったが、中等度噛みしめ時に顎機能異常患者で有意に減少した<sup>19)</sup>。顎関節症自覚者(n=15)は、健常者(n=16)に比べて、咬頭嵌合位での接触歯数18歯未満が3名、最小接触歯数が8歯と、少なかった<sup>85)</sup>。

健常者(n=7)と顎機能障害患者(n=9)を比較すると、咬頭嵌合位での咬合接触の左右的なバランスが悪かった<sup>29)</sup>。片側性の顎関節症患者(n=15)に、咬頭嵌合位での咬合接触点数に前歯部より臼歯部で非対称性を認めた<sup>14)</sup>。

T スキャンから、弱い噛みしめ(50N以下)では、顎機能異常患者(n=9)と健常者(n=26)間に有意な差は認められなかったが、強い噛みしめ(50N以上)では健常者に比べて顎機能異常患者で左右的ならびに前後のバランスが有意に偏っていた<sup>57)</sup>。性別と年齢をマッチした顎関節症患者と健常者それぞれ31名において、顎関節症患者に早期接触を有意に高頻度で認め、咬合圧が非対称性に分布していた<sup>89)</sup>。

顎関節症患者(n=16)と健常者(n=18)において、咬頭嵌合位での咬合接触状態に大きな違いを認めなかったが、側方咬合位ならびに前方咬合位で異常な接触を認めた<sup>85)</sup>。またMPD症候群(n=49)では、臼歯離開までの時間が対照群(n=40)より有意に延長した<sup>59)</sup>。

以上、いくつかの研究で、顎関節症患者の咬頭嵌合位での咬合状態について、健常者の結果から逸脱した測定結果が示されている。だが、咬合異常と顎関節症との関連を、偶然の一致とみるか、有意の一致ととるか、確定していない。現状では、咬合調整や咬合再構成な

どの非可逆的処置に科学的根拠はない。

## VII. 今後に向けて

顎関節症に限らず、固定性・可撤性義歯補綴やインプラント補綴における咬頭嵌合位での咬合付与についても、未だ決着していない<sup>63,90,91)</sup>。

改めて図1および図2に注目すると、欧米で最近の2008年から2013年に印刷された論文数が前期比7割弱に減少した。同様に、医中誌においても2002年から2007年の期に比べて約5割に減少した。急激に、咬合に関する臨床研究が下火となっている。

粘弾性体である生体から直接的に、定量的に咬合接触状態をとらえることができるME機器として、現在、バイトアイ®(ジーシー社)とTスキャンIII®(ニッタ社)が上市されている。いずれも薬事承認を得た咬合検査機器であり、日本国内で誰もが入手可能である。短所がない検査方法は存在しないが、長所のない検査方法も存在しない。それぞれの測定原理をよく理解して、併用することで対処できる。

いま、治療の結果を測る方法の標準化が強く求められている<sup>92)</sup>。故に、日本が先鋒となって、信頼性を担保した定量的な咬合検査法<sup>93-95)</sup>を用いて、歯科補綴学における最重要事項である咬合に関する臨床研究論文数の増加を期待する。

## 謝 辞

執筆の機会を与えていただいた矢谷博文理事長ならびに市川哲雄編集委員長に心より謝意を表します。あわせて、準備段階での講座員の協力にも感謝します。

## 文 献

- 小澤宏亮, 佐藤裕二, 北川 昇, 内田圭一郎, 菅原 孝. 咬合荷重記録を用いた歯の被圧変位特性の新たな推定法. 補綴誌 2008; 52: 117-125.
- 清水雄二, 鱒見進一, 植原絵理, 大乘 衛. 咬合調整時における咬合力測定用フィルムの嚙ませ方が咬合に及ぼす影響. 九州歯会誌 2012; 66: 39-45.
- McDevitt WE, Warreth AA. Occlusal contacts in maximum intercuspation in normal dentitions. J Oral Rehabil 1997; 24: 725-734.
- 加藤栄蔵, 森 隆司, 宇佐美博志, 田中清雄, 水野辰哉, 竹内一夫ほか. 咬合紙咬合記録時の咬筋筋活動の様相. 愛院大歯誌 2003; 41: 251-256.
- Davies S, Al-Ani Z, Jeremiah H, Winston D, Smith P. Reliability of recording static and dynamic occlusal contact marks using transparent acetate sheet. J Prosthet Dent 2005; 94: 458-461.
- Watanabe-Kanno GA, Abrao J. Study of the number of occlusal contacts in maximum intercuspation before orthodontic treatment in subjects with Angle Class I and Class II Division 1 malocclusion. Dent Press J Orthodo 2012; 17: 138-147.
- Millstein P, Maya A. An evaluation of occlusal contact marking indicators: A descriptive quantitative method. J Am Dent Assoc 2001; 132: 1280-1286.
- Takai A, Nakano M, Bando E, Hewlett ER. Influence of occlusal force and mandibular position on tooth contacts in lateral excursive movement. J Prosthet Dent 1995; 73: 44-48.
- 小川隆広, 古谷野 潔, 荻本多津生, 末次恒夫. 側方偏心位における咬合接触状態 咬頭嵌合位付近の接触様相. 顎機能誌 1997; 4: 1-7.
- Okashita K, Matsumoto E, Iwata M, Arai K, Kawazoe T. Reliability of occlusal contacts as methods for occlusal analysis. Prosthodont Res Pract 2008; 7: 249-251.
- Al-Nimri KS, Bataineh AB, Abo-Farha S. Functional occlusal patterns and their relationship to static occlusion. Angle Orthodo 2010; 80: 65-71.
- Korioth TWP. Number and location of occlusal contacts in intercuspation position. J Prosthet Dent 1990; 64: 206-210.
- Ciancaglini R, Gherlone EF, Redaelli S, Radaelli G. The distribution of occlusal contacts in the intercuspation position and temporomandibular disorder. J Oral Rehabil 2002; 29: 1082-1090.
- Ciancaglini R, Gherlone EF, Radaelli G. Unilateral temporomandibular disorder and asymmetry of occlusal contacts. J Prosthet Dent 2003; 89: 180-185.
- Tosa J, Tanaka M, Murata Y, Kawazoe T. Computer-aided video system for evaluation of occlusal contacts. J Osaka Dent Univ 1990; 24: 11-18.
- 関根 弘, 岸 正孝, 堀田宏巳, 上竹成一, 中山一六, 森 隆. 咬耗による咬合接触域面積の変化に関する臨床調査—とくに上顎臼歯部の緊密咬合接触域について—. 歯科学報 1990; 90: 411-419.
- Tosa J, Takada H, Tanaka M, Kawazoe T. Intraocclusal distance between the anterior teeth in the intercuspation position. J Osaka Dent Univ 1991; 25: 83-88.
- Takai A, Nakano M, Bando E, Hewlett ER. Evaluation of three occlusal examination methods used to record tooth contacts in lateral excursive movements. J Prosthet Dent 1993; 70: 500-505.
- 柳田昌宏. 咬頭嵌合位の安定性と下顎変位. 補綴誌 1994; 38: 198-210.
- Sakaguchi RL, Anderson GC, DeLong R. Digital imaging of occlusal contacts in the intercuspation position. J Prosthodont 1994; 3: 193-197.
- 田部 修. 天然歯列の咬合様式に関する研究. 愛院大歯誌 1994; 32: 169-186.
- 前田武文. 咬頭嵌合位における咬合接触状況と咀嚼能力に関する研究. 愛院大歯誌 1996; 34: 181-191.
- 竹中 誠, 伊藤 裕, 佐久間重光, 向田吉範, 中村健太郎, 栗田鉄也ほか. 咬合接触の客観的評価に関する研究(第1報) 各歯の接触の有無とその組合せパターンの数値化と類似性の評価(咬頭嵌合位). 補綴誌 1997; 41: 822-829.
- 菅原規子. 側方滑走運動時の咬合接触様相. 口病誌 2000; 67: 251-263.
- Gurdsapsri W, Ai M, Baba K, Fueki K. Influence of clenching level on intercuspation contact area in various regions of the dental arch. J Oral Rehabil 2000; 27: 239-244.

- 26) 佐々木泰照, 井田治彦, 疋田陽造, 佐藤正樹, 土佐淳一, 田中昌博ほか. add 画像からみた高齢有歯顎者における咬合接触状態. 顎頭蓋誌 2000; 13: 31-38.
- 27) Owens S, Buschang PH, Throckmorton GS, Palmer L, English J. Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal occlusion and malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121: 602-609.
- 28) 高場雅之, 菅沼岳史, 川和忠治. 咬合力による咬合接触状態の変化と咀嚼機能. 補綴誌 2003; 47: 535-544.
- 29) 石川輝明, 北村万里子, 中野雅徳, 西川啓介, 呉 相鎬, 川口貴穂ほか. 咬合接触の定量的評価法の検討. 顎機能誌 2003; 9: 200-201.
- 30) 荒木次朗, 小川 匠, 重田優子, 人見裕子, 平井真也, 山中悟史ほか. 咬合小面と咬合接触小面の30年間における経時変化. 補綴誌 2004; 48: 384-393.
- 31) Tsuchiya A, Miura H, Okada D, Kato H, Tokuda A, Hoshino K. Comparison of the main occluding area between adults and adolescents. *J Med Dent Sci* 2008; 55: 81-90.
- 32) Lujan-Climent M, Martinez-Gomis J, Palau S. Influence of static and dynamic occlusal characteristics and muscle force on masticatory performance in dentate adults. *Eur J Oral Sci* 2008; 116: 229-236.
- 33) 渡邊昌明. 側方咬合位の咬合接触面積と咀嚼運動. *Dent Med Res* 2008; 28: 19-25.
- 34) Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Palau S, Bizar J, Salsench J, Peraire M. Relationship between chewing side preference and handedness and lateral asymmetry of peripheral factors. *Arch Oral Biol* 2009; 54: 101-107.
- 35) Nishigawa K, Suzuki Y, Ishikawa T, Bando E. Effect of occlusal contact stability on the jaw closing point during tapping movements. *J Prosthodont Res* 2012; 56: 130-135.
- 36) Obara R, Komiyama O, Iida T, De Laat A, Kawara M. Influence of the thickness of silicone registration material as a means for occlusal contact examination - an explorative study with different tooth clenching intensities. *J Oral Rehabil* 2013; 40: 834-843.
- 37) Mobilio N, Catapano S. Effect of experimental jaw muscle pain on occlusal contacts. *J Oral Rehabil* 2011; 38: 404-409.
- 38) Kihara T, Shigeta Y, Hirabayashi R, Ikawa T, Ando E, Hirai S et al. Influence of filler on bite impression material in transillumination method for occlusal examination. *Dent Mater J* 2013; 32: 144-149.
- 39) 松井孝介, 宇野光乗, 山村善治, 倉知正和. 軽度咬みしめ時の咬合接触様相と下顎頭運動動態の関連性. 岐歯学誌 2009; 35: 114-122.
- 40) 小川 徹, 大石 直, 鈴木 祐, 伊藤利実, 川田哲男, 佐々木啓一. 下顎臼歯の歯根膜触・圧覚と咬合力負担に関わる因子との関連. 顎機能誌 2012; 18: 139-151.
- 41) 岡田大蔵. 噛みしめ強さの違いによる歯の変位と咬合接触—咬頭嵌合位—. 補綴誌 1998; 42: 1013-1023.
- 42) 佐藤正樹. 健常者の咬頭嵌合位における咬合接触状態の三次元解析—上顎臼歯について—. 補綴誌 2000; 44: 265-273.
- 43) DeLong R, Ko CC, Anderson GC, Hodges JS, Douglas WH. Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 622-630.
- 44) 佐々木泰照, 田中昌博, 川添堯彬. 三次元咬合検査法からみた上顎臼歯における年代別の咬合接触状態. 歯科医学 2003; 66: 86-96.
- 45) 西川 学, 田中昌博, 川添堯彬. 健常有歯顎者の下顎臼歯における三次元咬合力ベクトルの解析. 歯科医学 2005; 68: 1-10.
- 46) DeLong R, Knorr S, Anderson GC, Hodges J, Pintado MR. Accuracy of contacts calculated from 3D images of occlusal surfaces. *J Dent* 2007; 35: 528-534.
- 47) Sato M, Kashiwagi K, Tanaka M, Kawazoe T. Analysis of occlusal contact area in five directions stabilizing the intercuspal position. 顎頭蓋誌 2009; 22: 69-75.
- 48) Tanaka Y, Hattori Y. Dimensional and occlusal accuracy of a novel three-dimensional digital model of articulated dental arches. *Int J Prosthodont* 2012; 26: 282-287.
- 49) 服部佳功, 奥川博司, 渡辺 誠. Dental Prescaleを用いた歯列における咬合力測定. 補綴誌 1994; 38: 835-841.
- 50) 山口泰彦, 久恒泰宏, 木村朋義, 小松孝雪, 内山洋一. デンタルプレスケール®を用いた咬合接触部位の診査法に関する検討—咬頭嵌合位における咬合接触部位の検出率について—. 補綴誌 1995; 39: 1113-1120.
- 51) 石井智浩, 成田紀之, 松本敏彦. 健常有歯顎者における最大噛みしめ時の咬合接触様相に関する検討. 日大口腔科学 1998; 24: 237-242.
- 52) Abe Y, Nogami K, Mizumachi W, Tsuka H, Hiasa K. Occlusal-supporting ability of individual maxillary and mandibular teeth. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 923-930.
- 53) 鍋島史一, 田中昌博, 河野 亘, 更谷啓治, 柳田昌宏, 川添堯彬. T-Scan システムからみた咬頭嵌合位での咬合接触バランスについて. 補綴誌 1990; 34: 340-349.
- 54) 水井雅則, 鍋島史一, 平山雅一, 柳田昌宏, 古市憲史, 田中昌博ほか. T-Scan システムからみた正常有歯顎者の側方滑走運動時における咬合接触. 補綴誌 1991; 35: 715-722.
- 55) Reza Moini M, Neff PA. Reproducibility of occlusal contacts utilizing a computerized instrument. *Quintessence Int* 1991; 22: 357-360.
- 56) Lyons MF, Sharkey SW, Lamey PJ. An evaluation of the T-Scan computerized occlusal analysis system. *Int J Prosthodont* 1992; 5: 166-172.
- 57) 仲西健樹, 田中昌博, 川添堯彬, 柳田昌宏, 森川正章, 松本真二. 咬頭嵌合位における咬みしめ強度上昇に伴う咬合接触力の左右的ならびに前後のバランスについて. 補綴誌 1993; 37: 1312-1318.
- 58) Mizui M, Nabeshima F, Tosa J, Tanaka M, Kawazoe T. Quantitative analysis of occlusal balance in intercuspal position using the T-Scan system. *Int J Prosthodont* 1994; 7: 62-71.
- 59) Kerstein RB. Disclusion time measurement studies: A comparison of disclusion time between chronic myofascial pain dysfunction patients and nonpatients: A population analysis. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 473-480.
- 60) Kim YK, Lee SW, Chung SC, Kho HS. Comparison of muscle activity and occlusal contacts during maximal and habitual clenching in varied chair positions. *J Oral Rehabil* 1997; 24: 237-239.
- 61) Cartagena GA, Sequeros GO, Garcia GVC. Analysis of two methods for occlusal contact registration with the T-Scan system. *J Oral Rehabil* 1997; 24: 426-432.
- 62) Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Morimoto T. Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal con-



- tact area, and average bite pressure. *J Dent Res* 1999; 78: 1336-1344.
- 63) Kirverskari P. Assessment of occlusal stability by measuring contacts time and centric slide. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 763-766.
- 64) 大熊健司, 平野滋三, 早川 巖. T-スキャン II® の臨床応用に関する研究. *口病誌* 2002; 69: 277-284.
- 65) 富井真左信, 柏木宏介, 川添堯彬. 咬合接触検査装置の時間パラメータの再検査信頼性に関する研究. *歯科医学* 2004; 67: 111-120.
- 66) 岩山陽子, 柏木宏介, 川添堯彬. 咬合接触検査装置による咬合圧重心測定信頼性ならびに反応性に関する研究. *歯科医学* 2006; 69: 93-102.
- 67) Kerstein RB, Radke J. The effect of disclusion time reduction on maximal clench muscle activity levels. *Cranio* 2006; 24: 156-165.
- 68) Kashiwagi K, Tanaka J, Sato M, Hikida Y, Kawazoe T. Minimum detectable difference for the center of force of occlusion obtained with an occlusal examination device. *顎頭蓋誌* 2009; 22: 30-37.
- 69) Wang YL, Cheng J, Chen YM, Yip KHK, Smales RJ. Patterns and forces of occlusal contacts during lateral excursions recorded by T-Scan II system in young Chinese adults with normal occlusions. *J Oral Rehabil* 2011; 38: 571-578.
- 70) Koos B, Holler J, Schille C, Godt A. Time-dependent analysis and representation of force distribution and occlusion contact in the masticatory cycle. *J Orofac Orthop* 2012; 73: 204-214.
- 71) Kerstein RB. Combining technologies: A computerized occlusal analysis system synchronized with a computerized electromyography system. *Cranio* 2004; 22: 96-109.
- 72) Forrester SF, Presswood RG, Toy AC, Pain MT. Occlusal measurement method can affect SEMG activity during occlusion. *J Oral Rehabil* 2011; 38: 655-660.
- 73) Baba K, Tsukiyama Y, Clark GT. Reliability, validity, and utility of various occlusal measurement methods and techniques. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 83-89.
- 74) Saraçoğlu A, Özpınar B. In vivo and in vitro evaluation of occlusal indicator sensitivity. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 522-526.
- 75) Anderson GC, Schulte JK, Aeppli DM. Reliability of the evaluation of occlusal contacts in the intercuspal position. *J Prosthet Dent* 1993; 70: 320-323.
- 76) Parker MH, Cameron SM, Hughbanks JC, Reid DE. Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspal position for two impression techniques. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 255-259.
- 77) 宮本 満, 柏木宏介, 川添堯彬. 咬合検査機器による咬合接触面積測定術者の信頼性に関する研究. *補綴誌* 2002; 46: 347-356.
- 78) 古市英史, 柏木宏介, 川添堯彬. 咬合接触検査装置による咬合接触面積測定の再検査信頼性に関する研究. *歯科医学* 2005; 68: 199-206.
- 79) Amarsaikhan B, Miura H, Okada D, Masuda T, Ishihara H, Shinki T et al. Influence of environmental factors on tooth displacement. *J Med Dent Sci* 2002; 49: 19-26.
- 80) Kumagai H, Suzuki T, Hamada T, Sondang P, Fujitani M, Nikawa H. Occlusal force distribution on the dental arch during various levels of clenching. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 932-935.
- 81) 岡田大蔵, 三浦宏之, 長谷川成男. 上下顎臼歯の機能状態に関する研究—歯の三次元変位—. *補綴誌* 1998; 42: 279-286.
- 82) Ogawa T, Ogimoto T, Koyano K. Pattern of occlusal contacts in lateral position: Canine protection and group function validity in classifying guidance patterns. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 67-74.
- 83) 篠ヶ谷龍哉, 馬場一美, 秋重智司, 崎間 徹, 松元 誠. 側方咬合位の接触要素と筋活動との関連性に関する研究 —第1報, 側方咬合位の接触要素について—. *口病誌* 1995; 62: 287-302.
- 84) Bakke M, Michler L, Moller E. Occlusal control of mandibular elevator muscles. *Scand J Dent Res* 1992; 100: 284-291.
- 85) 竹中 誠, 竹花庄治, 丸山 健, 向田吉範, 荒木章純, 伊藤 裕. 顎関節症状自覚者の咬合接触状態について. *補綴誌* 1991; 35: 1195-1204.
- 86) 渡部厚史. 側方滑走運動時による上下顎大白歯間の接触間隙の変化. *補綴誌* 1995; 39: 517-529.
- 87) Iwase M, Sugimori M, Kurachi Y, Nagumo M. Changes in bite force and occlusal contacts in patients treated for mandibular prognathism by orthognathic surgery. *J Oral and Maxillofac Surg* 1998; 56: 850-856.
- 88) Wang X-R, Zhang Y, Xing N, Xu Y-F, Wang M-Q. Stable tooth contacts in intercuspal occlusion makes for utilities of the jaw elevators during maximal voluntary clenching. *J Oral Rehabil* 2013; 40: 319-328.
- 89) Wang C, Yin X. Occlusal risk factors associated with temporomandibular disorders in young adults with normal occlusions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 114: 419-423.
- 90) Yi SW, Carlsson GE, Ericsson I, Wennström. Long-term follow-up of cross-arch fixed partial dentures in patients with advanced periodontal destruction: evaluation of occlusion and subjective function. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 186-196.
- 91) Taylor TD, Wiens J, Carr A. Evidence-based considerations for removable prosthodontics and dental implant occlusion: A literature review. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 555-560.
- 92) 矢谷博文. 補綴歯科領域における顎関節症治療法の歴史的変遷. *日補綴会誌* 2012; 4: 229-245.
- 93) Babu RR, Nayar SV. Occlusion indicators: A review. *J Indian Prosthodont Soc* 2007; 7: 170-174.
- 94) Wang M, Mehta N. A possible biomechanical role of occlusal cusp-fossa contact relationship. *J Oral Rehabil* 2013; 40: 69-79.
- 95) Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, Shetty K, Gupta B, Rajora V. History of materials used for recording static and dynamic occlusal contact marks: A literature review. *J Clin Exp Dent* 2013; 5: 48-53.

著者連絡先：田中 昌博

〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-5-17

Tel: 06-6910-1045

Fax: 06-6910-1046

E-mail: tanaka-m@cc.osaka-dent.ac.jp

## Focus on Occlusal Contacts in the Intercuspal Position

Masahiro Tanaka, DDS, PhD

Department of Fixed Prosthodontics and Occlusion, Osaka Dental University

Ann Jpn Prosthodont Soc 6: 351-360, 2014

### ABSTRACT

For the subject: “regarding the significance and philosophy of occlusal contacts in clinical prosthodontics and related examination methods”, references were searched from MEDLINE, EMBASE, and Igaku Chuo Zasshi (ICHUSHI) as secondary databases. Setting “Occlusion & Intercuspal position” or “咬合接触 & 咬頭嵌合位 in Japanese” as words for retrieval, I obtained references published between January 1, 1990 and December 31, 2013.

Focusing on original articles on permanent adult dentition, the following were excluded: 1. Papers written in languages other than English or Japanese, 2. Articles on simulation using casts or mathematical models, 3. Studies in which occlusal interference was experimentally simulated, 4. Books, Case reports and Reviews. Furthermore, a manual hand-search was performed to select original articles whose abstracts and methods were clinical.

Based on occlusion being contact between viscoelastic structures, normal intercuspation was reviewed, referring to the reliability of the detecting methods of occlusal contacts.

### Key words

intercuspal position, occlusal contacts, occlusal examination