

咬合接触検出システムAnaBiterの臨床応用について

松 井 孝 介 山 村 善 治 倉 知 正 和
横 山 貴 紀 岡 俊 男

Clinical Application of an Occlusal Contact Detection System : AnaBiter

MATSUI KOSUKE, YAMAMURA YOSHIHARU, KURACHI MASAKAZU,
YOKOYAMA TAKANORI and OKA TOSHIO

咬合接触状態を視覚的、定量的に評価するのを目的として開発された装置として、デンタルプレスケールやT-Scanなどがある。しかしこれらはいずれもある程度の強さの咬合力が必要である。軽く咬合させた場合の咬合接触状態を検査するにはシリコン印象材が適していると考えられている。

本研究は、シリコン印象材の透過光をデジタルカメラとコンピュータ処理により得られた透過光画像から咬合接触部位の検出、接触面積の定量的分析を可能とした計測装置AnaBiterの臨床応用を目的として、既知の厚さと面積を持ったシリコン被膜試料の測定面積の分析から、再現性ある測定値を得るための測定条件と方法を検討し、また、実際の臨床では、測定面積を変動させる各種の要因が介入するため、それらの測定条件を設定して、試料面積の変動を検討したところ、若干観測値に変動が生じるものの臨床に十分応用できる誤差範囲であることが示唆された。

キーワード：咬合接触面積、しきい値、画像処理、ブラックシリコン

In previous studies, dental prescales and T-scan were used as apparatuses for the visual and quantitative evaluation of occlusal contact conditions.

These apparatuses required occlusal force to some extent. However, it is necessary to examine occlusal contact conditions under conditions of slight occlusion.

We consider that silicone impression materials are suitable for this purpose.

The purpose of this study was the clinical application of an apparatus (AnaBiter) for the visual and quantitative evaluation of occlusal contact conditions using silicone impression materials.

At first, measurement conditions and methods to obtain reproducible measurements were evaluated.

Then, changes in the specimen area were evaluated, establishing various conditions that can change the measurement area in clinical cases.

As a result, a margin of error that was applicable to clinical cases was obtained.

Key words : Occlusal contact area, Threshold, Image processing, Black silicon

I. 緒 言

咬頭嵌合位あるいはその付近における上下顎歯列間の異常な咬合接触は、顎機能異常や咬合性外傷による歯周疾患などを発症させる寄与因子となり得ることが指摘されている^{1,2)}。したがってこれらの疾患に対する予防、診断そして治療を行う上で咬合接触状態を正しく把握することは、日常臨床におけるきわめて重要な診査項目の一つである。

その手段として、従来からワックス³⁾、咬合紙⁴⁾、印象材^{5,6)}、ストリップスなどが用いられてきた。それが近年になって咬合接触状態を視覚的にも定量的にも評価できる装置として、感圧フィルムを用いたデンタルプレスケール⁷⁻⁹⁾やT-SCANシステム¹⁰⁻¹³⁾などが市販され、その有用性も報告されている。しかしこれらの装置に用いられる咬合接触記録材の特徴としては、いずれもある程度以上の咬みしめ強さが必要で、歯および顎骨に負荷をかけない状態、すなわち軽く咬合した場合の咬合接触状態を記録、評価するには不向きである。

それが最近になって、流動性や寸法精度が高く、最小厚み限界量も小さいことから、軽く咬合した状態の咬合接触状態が把握できるシリコン印象材の透過光の測定から、咬合接触部位の検出、接触面積の定量的分析、そして接触パターンの記録などが簡便にできるとしたシステムが開発、市販された。

本研究は、そのシステムの臨床応用を目的として、既知の厚さと面積を持ったシリコン被膜試料の測定面積の分析から、再現性ある測定値を得るための測定条件と方法を検討した。

II. 実験方法

1. シリコン被膜試料の作製

まず、シリコン印象材・バイトチェッカー(GC社)のベースとキャタリストを、重量比6:1.1の標準稠度で20秒間練和した。それをスプラインマイクロメータDigitrix-MARK II(NSK社)のスピンドル先端部(直径2mm)に挿入、圧接して、試料中央部の被膜厚さを10 μ m, 20 μ m, 30 μ m, 40 μ mとし、面積(πr^2)を3.142mm²とした試料を作製した。なお、試料の外周辺縁部は中央部よりも約1.5mm厚くした。

2. 測定装置の概要

試料の面積は咬合接触検出システムAnaBiter(軌維社)を用いて測定した。本装置は装置本体とそれを制御するパーソナルコンピュータPrius 200A 4 TME Windows XP Home Edition(HITACHI社)で構成されている。本体は撮影用デジタルカメラRDC-7S(RI-

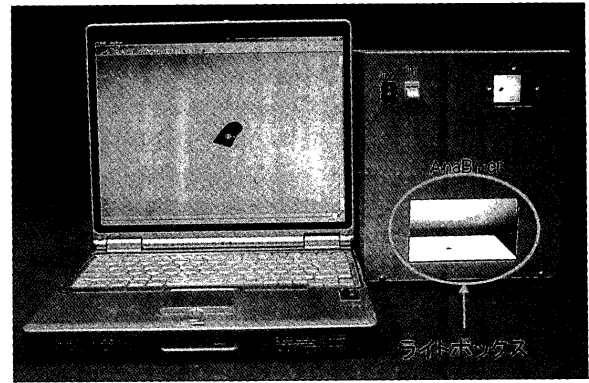


図1 咬合接触検出システム (AnaBiter®)

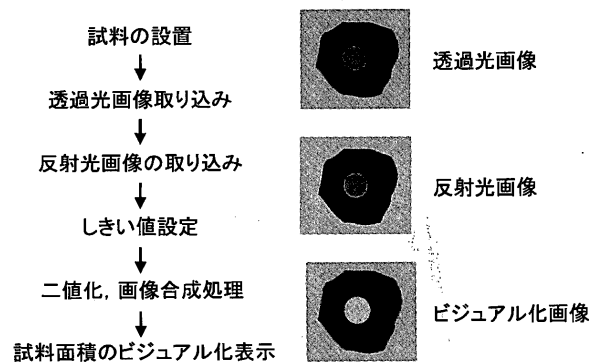


図2 画像処理の手順

COH社), 透過光用ライトボックスCL-5000P(キャビン社, 以下ライトボックスとする), 反射光用蛍光管FPL 6 EX-N(National社製)で構成され、ライトボックス内の上180mmの位置にデジタルカメラが、そしてカメラの下方20mmに反射光用蛍光管が左右一対設置されている(図1)。パーソナルコンピュータは装置本体とUSB経由で接続され、専用ソフトウェアにてカメラで撮影された映像を処理する。

画像の取り込みから面積表示までの処理過程を図2に示した。ライトボックス内中央に置いた試料は、オートフォーカスで固定されたカメラ撮影によって透過光画像が取り込まれる。ついで透過光画像を専用ソフト上で8 bitグレイスケールに変換(単純平均法)される。その後、任意のしきい値の設定による二値化処理¹⁴⁾された画像と反射光画像との合成画像によるビジュアル化と同時に、しきい値を基準とした一定の透過光以上である領域の面積を表示する。なお、しきい値は透過部の境界を明瞭にするための輝度レベルを指定するもので、この数値を下げると試料の透過領域が多くなり(面積は実際より大きく表示される)、上げると透過領域が少なくなる(面積は実際より小さく表示される)。

また、装置の特性から試料と光源との距離が変わることによって生じる透過光量の変化は、表示面積の変

動要因であると考えられたため、予備実験によってカメラの液晶モニターに表示される全ドットの中心よりも、前方に3.0mm、左方に2.0mm移動させた場所をライトボックス中央とし、これを試料面積を測定する際の位置的基準とした。

3. 分析方法

各条件によって測定した面積は、95%、99%の有意水準で分散分析した後、有意差の認められた要因で水準間の検定を有意水準95%、99%で行った。

Ⅲ. 結 果

1. 試料厚さとしきい値の変動

ライトボックス中央に置いた厚みの異なる4種類(10 μ m, 20 μ m, 30 μ m, 40 μ m)の試料各10枚について、面積がそれぞれ3.142mm²として表示されるしきい値を測定した。

図3にその平均値と標準偏差を示した。

平均値は、試料の厚みが増すほど小さくなり、厚さ10 μ mでは103、厚さ20 μ mでは82、厚さ30 μ mでは67、そして厚さ40 μ mでは53であった。

標準偏差は1.07(40 μ m)~1.86(10 μ m)間に分布し、いずれの試料厚さでも比較的安定した値を示した。

試料厚さ別で得られたしきい値の平均値をそれぞれの厚さを識別するためのしきい値として、以下の実験を行った。

2. 時間経過による試料の面積変動

厚みの異なる4種類の試料各10枚を用いて、試料硬化後の時間経過によって面積はどのように変動するのかを検討した。

図4に時間経過(硬化直後、1分後、3分後、5分後、8分後、10分後、12分後、15分後、17分後)に伴う測定面積の平均値を示した。

面積はいずれの試料厚さにおいても硬化直後から経時的な減少傾向を示した。

試料厚さ、経過時間を各要因とし、繰り返しありの二元配置の分散分析を行った結果、測定時間間にもみ有意差が認められた(表1)。水準間の検定の結果、面積は硬化直後から10分後までは有意差は認められず、それ以降で有意な減少を認めた(図4)。

3. 試料の水平的位置変化による影響

1) 面積変動

厚さ30 μ mの試料を用いて、ライトボックス内で試料を置く位置によって測定面積がどのように変動するのかを検討した。

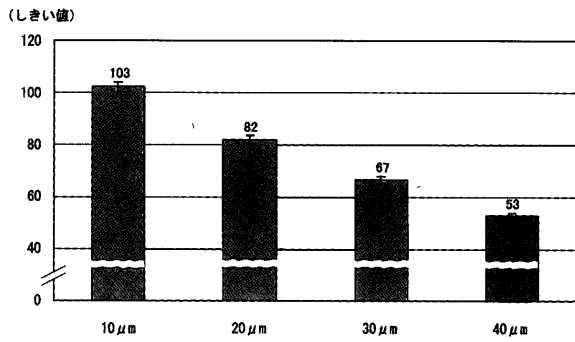


図3 試料厚さとしきい値

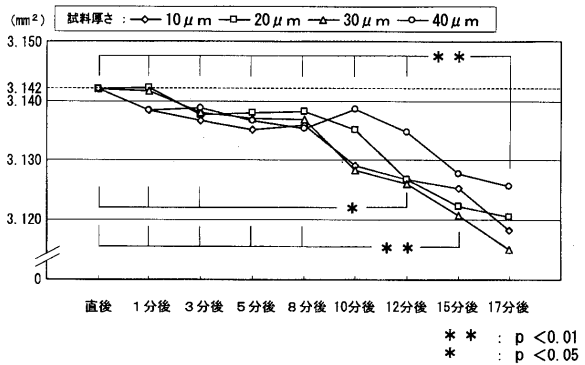


図4 時間経過に伴う試料面積の変動様相

表1 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	359	0.155186		
因子 (A) : 経過時間	8	0.016842	0.002105	5.02438**
因子 (B) : 試料厚さ	3	0.000745	0.000249	0.59341
因子 (AB)	24	0.001841	7.67E-05	0.18311
誤差 (E)	324	0.135759	0.000419	

** : p < 0.01

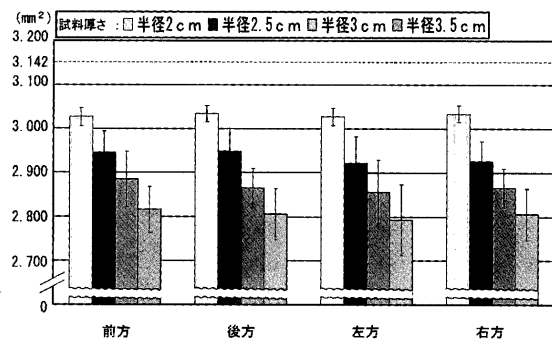


図5 試料の水平的移動(距離, 方向)による面積変動

図5にライトボックス中央から水平的に前方、後方、左方、右方にそれぞれ2.0cm、2.5cm、3.0cm、3.5cmずつ移動させた部位(合計16部位)で、しきい値を67に設定して測定した部位別各10枚の面積の平均値と標準偏差

をグラフ表示した。

ライトボックス中央からの距離、方向を各要因として、繰り返しありの二元配置の分散分析を行った結果、距離間にもみ有意差が認められた(表2)。よってライトボックス中央からの距離が同一であれば方向の違いは、面積を変動させる要因とはならないことが認められた。

2) しきい値の変動

厚さ $30\mu\text{m}$ の試料を用いて、測定面積が 3.142mm^2 を示すしきい値をライトボックス内での中央からの距離別に検討した。

図6は各位置におけるしきい値の平均と標準偏差を示したものである。

平均はライトボックス中央からの距離が離れるにしたがって段階的に小さくなり、中央から半径 2.0cm では 58 、半径 2.5cm では 53 、半径 3.0cm では 47 そして、半径 3.5cm では 41 であった。標準偏差は中央からの距離が離れるにしたがって逆に大きくなった。

3) しきい値の妥当性の検討

ライトボックス中央からの距離別しきい値を用いて、新たに作製した厚さ $30\mu\text{m}$ の試料各10枚の測定面積の観測から、得られたしきい値の妥当性を検討した。

図7はそれぞれの面積の平均、標準偏差、最大値ならびに最小値をグラフ表示したものである。

試料の実面積 3.142mm^2 との最大誤差は、中央で 0.039mm^2 、半径 2.0cm で 0.044mm^2 、半径 2.5cm で 0.050mm^2 、半径 3.0cm で 0.042mm^2 、そして半径 3.5cm では 0.050mm^2 を示し、いずれも比較的小さな値であった。

各距離で測定した面積を要因とし、一元配置の分散分析の結果、各々の距離ごとで測定された面積間には有意差が認められなかった(表3)。

よって得られた距離別のしきい値の妥当性が認められた。

4. 試料の垂直的位置変化による面積変動

厚さ $30\mu\text{m}$ の試料厚さ各10枚を用いて、ライトボックス中央で試料の位置を垂直的に移動させることによって測定面積がどのように変動するのかを検討した

図8に床面から上方に 5.0mm 移動させた位置で、しきい値を 67 に設定して得られた面積の平均と標準偏差をグラフ表示した。

測定位置(床面とその上方に 5.0mm 移動させた位置)による面積を要因とした一元配置の分散分析の結果(表4)、試料を上方へ 5.0mm 移動させると面積は有意に増加することが認められた。

5. 試料の測定面の傾斜による面積変動

表2 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	319	3.042568		
因子 (A) : 方向	3	0.009051	0.003017	1.16972
因子 (B) : 水平距離	3	2.238660	0.74622	289.29950**
因子 (AB)	9	0.010717	0.001191	0.46165
誤差 (E)	304	0.784138	0.002579	

** : $p < 0.01$

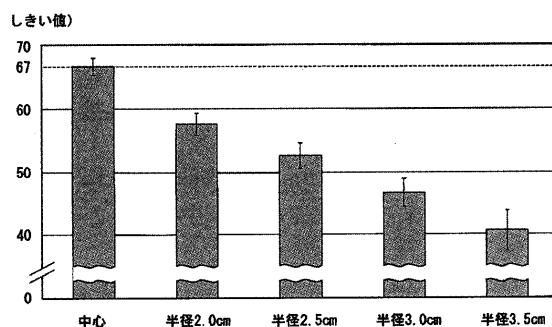


図6 試料の水平的移動距離別のしきい値

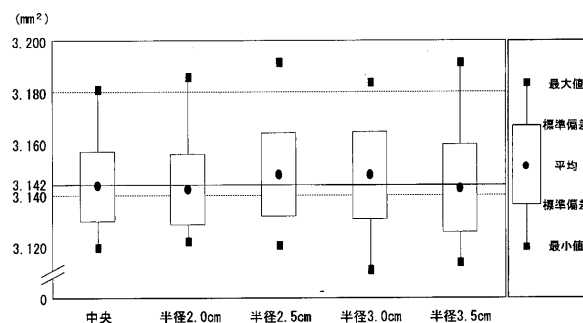


図7 距離別しきい値による面積変動

表3 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	198	0.051439		
因子 (A) : 面積	4	0.001437	0.000359	1.394229
誤差 (E)	194	0.050002	0.000258	

試料の測定面の傾斜が測定面積をどのように変動させるのかを検討した。

図9に試料の測定面をライトボックス中央で床面に平行としたものを 0° とし、そこから測定面を 15° 、 30° 傾斜させて測定した試料厚さ $30\mu\text{m}$ の各10枚の試料面積の平均と標準偏差をグラフ表示した。

傾斜角度による面積を要因とし、一元配置の分散分析した結果(表5)、有意差が認められた。水準間の検

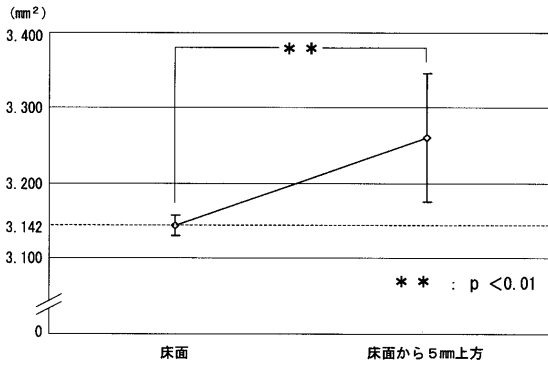


図8 垂直的位置変化による面積変動

表4 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	29	0.226352		
因子 (A) : 垂直距離	2	0.072968	0.000359	6.422283
誤差 (E)	27	0.153384	0.005681	

** : p < 0.01

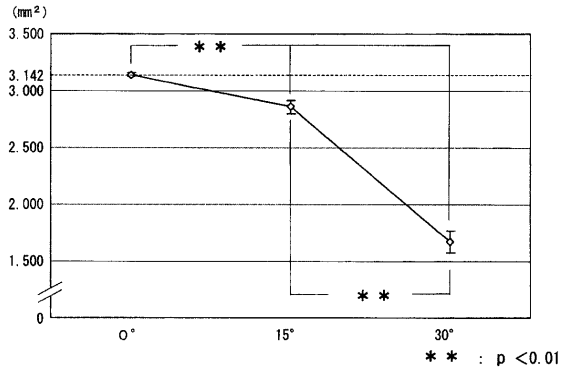


図9 測定面の傾きによる面積変動

表5 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	39	31.98391		
因子 (A) : 傾斜角度	3	31.59844	10.53281	983.6874
誤差 (E)	36	0.385469	0.010707	

** : p < 0.01

定の結果、傾斜角度が大きいくほど面積は小さくなるということが認められた。

6. 印象材のベース、カタリストの重量比の変化による試料の面積変動

印象材のベースとカタリストの重量比の変化が測定面積をどの様に変動させるのかを検討した。

図10にしきい値を67に設定し、印象材のカタリストを標準稠度から10%、30%増減させて作製した試料厚さ30μmの試料各10枚を測定して得られた面積の平均と標準偏差をグラフ表示した。

一元配置の分散分析の結果(表6)、カタリストの量を増やす面積は実面積より小さく測定され、逆にカタリストの量を減らすと実面積より大きく測定されることが認められた。

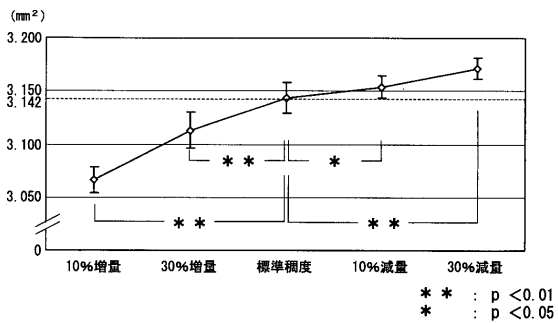


図10 カタリストの増減による面積変動

表6 ANOVA表

変動因	自由度	偏差平方和	不偏分散	分散比
全体 (T)	129	0.218911		
因子 (A) : 重量比	4	0.197129	0.049282	282.8182
誤差 (E)	125	0.021781	0.000174	

** : p < 0.01

IV. 考 察

1. 咬合接触分析システムについて

咬合接触状態の視覚的、定量的分析が可能なシステムとして、咬合圧や咬合接触部位、さらには接触強さが測定できるとしたプレスケールやT-Scanシステムなどが知られている。しかしこれらには専用の感圧フィルムや圧検知センサーが必要で、その厚さもそれぞれ92μm、120μmで、測定にはある程度以上の咬合力も必要とされる。

軽い咬合力による咬合状態を把握する方法としては、シリコーン印象材を用いて、その厚さの違いによる光

透過率の差をデジタル画像処理するadd画像法¹⁵⁻¹⁸⁾や汎用Color Image Scanner^{19,20)}を用いた方法などが報告されている。しかしこれらのシステムはいずれも比較的大きな場所が必要であることからチェアサイドでの使用には不向きで、操作もやや複雑である。

本研究で用いた咬合接触検出システムAnaBiterは、画像の取り込みから面積表示までが、一辺が約30cmの立方体のボックス内で処理できること、重量も約5kgと比較的小型で、測定に要する時間も約50秒と短く、

その操作も簡単であることからチェアサイドでの使用が十分に可能であると思われる。

また、本装置で用いているデジタルカメラ(CCD)は334万画素の高画質のものを使用していることから、咬合接触状態の微細な変化も記録可能である。

2. 試料の測定結果から

4種類(10 μ m, 20 μ m, 30 μ m, 40 μ m)の上下歯間距離を想定した各試料は、それぞれの距離(厚み)に応じたしきい値の設定によって、測定条件を一定とすれば、十分信頼に足る試料面積が測定できることが示唆された。

しかし実際の臨床では本装置を用いて面積測定を行う際には、測定面積を変動させる各種の要因¹⁸⁾が介入する。具体的な要因として被測定対象試料が①ライトボックス中央から偏った場所に位置する②ライトボックス内の床面より上方に位置する③床面に傾斜して位置する④印象材硬化後の時間経過⑤印象材のベースとキャタリストの重量比の変化、などが考えられたため、それらの測定条件を設定して、試料面積がどの様に変動するのかを観測したものである。

測定結果から①については、ライトボックス中央から離れた位置での測定は、その面積は中央より距離が離れるにしたがって段階的に減少し、また誤差のバラツキも大きくなっていくことが認められた。これらの要因として、前者では中央からの距離が離れるにしたがってカメラレンズの周辺光量が減少していくことが、そして後者については本装置に使用されているデジタルカメラはオートフォーカスであるため、中央からの距離が離れると焦点が合い難くなることが考えられた。

なお、中央からの距離を前後、左右に2.0cm~3.5cmとしたのは、成人の歯列弓の幅径、長径を計測した先験情報²¹⁾を参考として設定したものである。

つぎに②、③については、試料の透過部と光源との垂直的距離が、歯列の前後的、左右的湾曲のために一定の距離にはなり難く、また咬合平面と咬合小面のなす傾斜角についても個体差があることから生じる測定誤差を想定して設定したものである。

尾花²²⁾の報告では咬合平面に対して前歯舌面の傾斜角度は平均値で最も大きく45°を示すとされている。また土佐¹⁸⁾らは咬合小面の傾斜度の影響を幾何学的計算によって推定し、傾斜角度が増すごとに、計測される試料の厚さは実際の厚さよりも大きく判定する、すなわち試料面積は実際よりも小さく表示される可能性が大きいことを報告している。

④については、シリコーン印象材が持つ特性が生じたもので、硬化後の時間経過による印象材の収縮が表

示面積を実際よりも小さくしたものと考ええる。

⑤については、印象材のキャタリストの増減が測定面積に影響を及ぼすことが認められたが、これはキャタリストに含まれているブラックカーボンの量に依存したものと考ええる。すなわちキャタリストの増量により印象材自身の黒色が増し、光透過量を減じさせ、その結果として、表示面積を実際よりも減少させたことにつながったものであろう。逆にキャタリストの減量は練和後の印象材の色調を白色化させ、表示面積を実際よりも増加させたものと考ええる。

3. 臨床における測定手順について

臨床においては、測定面積を変動させる既述の要因を出来るだけ排除した上で、以下の手順で測定することを考えている。

まず、咬みしめ強度や姿勢によって咬合接触部の面積や数は異なる^{15, 23, 24)}ために、これらをなんらかの方法で規定する必要がある。著者らは咬みしめ時の咬筋筋活動量と頭位をEMGバイオフィードバック咬合診断装置Biojaws II (軌維社)を用いることを考えているが、こうした規定下での咬みしめ位置をブラックシリコーン印象材のキャタリストとベースを標準稠度で練和して印記する。印象材硬化後に咬合面輪郭を残して、かつ透過部と光源との垂直的距離ができるだけ同じになるように辺縁部をトリミングする。そのために歯列弓全体を前歯部および左右臼歯部に3分割することもある。つぎに歯列弓形態の幅径、長径を計測後、歯列中心をライトボックス中央に一致させて置く。そして透過光画像、反射光画像の取り込みを行った後に、咬合接触とみなす上下顎歯間距離と歯列弓形態の中心からの距離に応じたしきい値に設定して、咬合接触部をビジュアル化し、面積を表示させる。ただし印象材硬化後から面積表示までの時間は10分以内とする。

本論では中心からの距離によるしきい値としては30 μ mの被膜厚さのみを検討したが、その他の厚さ(10 μ m, 20 μ m, 40 μ m)についても同様の方法でそれぞれのしきい値が決定できると考えている。

また、中央からの距離として0.5mm間隔でのしきい値を提示したが、被測定対象であるシリコーン透過部の中央が0.5mm間隔を外れた所に位置する場合は、その距離を挟んだ2つのしきい値の設定による測定値を用いた補完法によって対処できると考えている。

V. 結 論

咬合接触検出システムAnabiterを用いて、ブラックシリコーン印象材による試料の透過部面積を測定した結果、以下の結論を得た。

1. 試料をカメラの液晶モニター上の全ドットの中心から前方に3mm, 左方に2mm移動させた位置(中央)に置いた場合は, 4種類の上下顎歯間距離(10 μ m, 20 μ m, 30 μ m, 40 μ m)を想定した各試料の面積は, 試料の厚さに応じたしきい値の設定によって, 高い精度で測定できた。
2. 試料はシリコン硬化直後から10分以内に測定しないと面積が小さくなる可能性が認められた。
3. 試料の面積はライトボックス内での位置によって変動し, 中央から離れるにしたがって減少し, また誤差のバラツキも大きくなった。
4. 30 μ mの厚さの試料の面積を検出するしきい値として, 中心から半径2.0cmの距離では58, 2.5cmでは53, 3.0cmでは47, そして3.5cmでは41がそれぞれ得られた。
5. ライトボックス内での試料の位置が中心から半径3.5mm以内の距離であれば, 各距離に対応したしきい値の設定によって, 高い精度で面積が測定できることが認められた。
6. ライトボックス内での試料の上方への移動は, 面積を大きく表示させることが認められた。
7. ライトボックス内で試料面が床面に対して傾斜すると, 傾斜角が増加するに従って表示面積は減少し, また誤差のバラツキも大きくなった。
8. 印象材のキャタリストの増量は表示面積を減少させ, 逆にキャタリストの減量は表示面積を増加させた。
- 8) 福島俊士, 戸代原孝義, 神山範子, 榎本通典, 山本鉄雄, 花村典之, 平野 進, 平澤 忠: 圧力測定用シート「プレスケール」に関する基礎的研究. 補綴誌, 24: 337~344, 1980.
- 9) 鈴木哲也, 渡邊竜登美, 吉富信幸, 石鍋 聡, 熊谷宏, 内田達郎, 水口俊介, 関田俊明, 小林賢一, 長尾正憲: 緩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.
- 10) 水井雅則, 鍋島史一, 平山雅一, 柳田昌宏, 古市憲史, 田中昌博, 川添堯彬: T-Scanシステムから見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, 35: 715~722, 1991.
- 11) 川添堯彬, 田中昌博, 井田治彦, 鍋島史一, 前野郁尚, 更谷啓治, 河野 亘: 新しい咬合診査器T-Scanシステムについて. 歯科医学, 51: 1148~1154, 1988.
- 12) 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, 34: 340~349, 1990.
- 13) 徳村和明, 山下 敦: 咬合圧分析装置T-Scan systemに関する研究 その1. 精度について. 補綴誌, 33: 1037~1043, 1998.
- 14) 尾崎 弘, 谷口慶治, 小川秀夫: 画像処理-その基礎から応用まで-, 共立出版(東京), 167~174, 1983.
- 15) 村田洋一: 白歯単独歯冠の高さの調節が歯列咬合接触に及ぼす影響1. -シリコン・ブラック法における咬みしめ強度-. 補綴誌, 32: 601~609, 1988.
- 16) 村田洋一: 白歯単独歯冠の高さの調節が歯列咬合接触に及ぼす影響2. -咬合接触面積から見た単一白歯の咬合の高さ-. 補綴誌, 32: 979~992, 1988.
- 17) 土佐淳一, 田中昌博, 村田洋一, 蕭 美英, 上田直克, 川添堯彬: 咬合接触像のビジュアル化. 補綴誌, 31: 1553~1557, 1987.
- 18) 土佐淳一, 田中昌博, 村田洋一, 高田秀秋, 川添堯彬: add画像における咬合接触像の再現性に関する基礎的研究. 補綴誌, 37: 1259~1264, 1993.
- 19) 柳田史城, 倉沢郁文, 小阪 茂, 土屋総一郎, 甘利光治: 汎用Color Image Scannerを応用した咬合接触関係処理法の新しい試み. 補綴誌, 40: 1071~1077, 1996.
- 20) 柳田史城: 顎機能異常者の咬合分析に関する研究-咬合近接部発現歯について-. 補綴誌, 44: 796~807, 2000.
- 21) 藤田恒太郎: 歯の解剖学, 金原出版(東京), 164, 1949.
- 22) 尾花甚一: 歯牙咬合小面の傾斜角度について, 口病誌, 24: 40~59, 1957.
- 23) 田中昌博: 咬合接触の検査・診断-特に有歯顎者の咬頭嵌合位での評価基準について-, 補綴誌, 46: 444~450, 2002.
- 24) 川添堯彬, 田中昌博, 土佐淳一, 村田洋一: 画像解析による咬合診査-咬頭嵌合位付近の咬合接触とadd画像-. 歯科ジャーナル, 28: 567~572, 1988.

VI. 文 献

- 1) 中村公雄, 山内哲義, 榎阪 朗, 下総高次: 顎関節症患者の経時的観察ならびに咬合に関する研究. 補綴誌, 19: 217~231, 1975.
- 2) 柳田昌宏: 咬頭嵌合位の安定性と下顎変位. 補綴誌, 38: 198~210, 1994.
- 3) 腰原偉旦: 遊離端義歯における咬合接触状態の経時変化. 補綴誌, 26: 361~377, 1982.
- 4) 山田雅昭: 咬合診査材に関する研究-ポーセレン面への印記性について-. 補綴誌, 27: 653~666, 1983.
- 5) 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.
- 6) 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(後方歯牙接触位, 前方滑走運動, 後方滑走運動). 補綴誌, 16: 289~319, 1970.
- 7) 高橋典章, 末瀬一彦, 甘利光治, 阪本義典, 福田 滋, 久保一慶, 沢村直明, 小沢 寛, 千葉和朗: 歯科分野における圧力判別シート「プレスケール」の応用-その一. 咬合圧利用法によるvertical dimension決定への応用-. 補綴誌, 23: 467~470, 1979.