

原 著

歯科用デジタル X 線画像処理装置を用いた
歯周ポケット底部の表示に関する研究

浜 巧 一

医療法人社団 浜歯科医院
(2005 年 1 月 15 日受理)

Displaying the Bottom of Periodontal Pockets Using Dental
Equipment for Digital X-Ray Imaging

Koichi Hama

Hama Dental Clinic

Accepted for publication 15 January 2005

We determined whether the bottom of periodontal pockets can be visually confirmed using digital X-ray imaging involving the insertion of Stay-put[®] (Roeko, Germany), a retraction cord with a copper filament, into periodontal pockets, and whether this complements probing. To confirm that Stay-put[®] reaches the bottom of the periodontal pocket, probe depth was measured radiographically using Compuray[®] (Yoshida, Japan), dental digital X-ray equipment, manually by periodontal probe and mechanically using Probie-III[®] (Morita, Japan). to investigate those three methods are connected with each other by the experiments below.

Experiment 1 : We assessed the replicability of distance measurement by Compuray[®].

Experiment 2 Measurements were obtained using the six-point method with Compuray[®] (compared to measurements for any type of periodontal pocket).

- 1) Reliability of measurement in healthy individuals.
- 2) Reliability of measurement of periodontal pocket depth.
- 3) Reliability of measurement for tooth type in periodontal disease.
- 4) Distance measurement to compare bleeding and non-bleeding.

Results were as follows :

1. We confirmed the replicability of distance measurement by Compuray[®].
2. Distance measurement obtained by Compuray[®] were highly concordant (>96%) with probing measurement or Probie-III[®], with the difference among these techniques less than 0.2 mm.
3. The present method clearly delineated the bottom of periodontal pockets as a continuous line.

Our findings suggest that the present method is useful in complementing probe examinations. J Jpn Soc Periodontal, 45 : 11-27, 2005.

連絡先：浜 巧一

〒 943-0891 上越市昭和町 2-12-3 医療法人社団 浜歯科医院

Koiti Hama

Hama Dental Clinic

2-12-3, Syouwa-mati, Joetu-city, Niigata 943-0891, Japan

E-mail nao7kazu@coral.ocn.ne.jp

Key words : dental digital X-ray imaging equipment, retraction cord with copper filament, bottom of periodontal pocket

要旨 : 歯周ポケットに糸状銅線入り歯肉圧排糸 Stay-put® (roeko, ドイツ) を挿入して、歯周ポケット底部をデジタル X 線画面上に視覚的に明確にし、これがプロービング診査を補う簡便で新しい有効な診査法の一つの手段となるかを検討する目的で本研究を行った。Stay-put® が歯周ポケット底部に位置していることを確認するために、歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray® (ヨシダ, 東京) による距離測定と手用プロービング値 [日本歯科大学新潟式プローブ] および機械式プロービング値 [Probie III® (モリタ, 京都)] との関係を実験により検討した。実験 1 Compuray® による距離測定の信頼性 実験 2 Compuray® による 6 点法歯周ポケット測定 (種々の歯周ポケットによる計測値の比較) 1) 健常者の歯肉溝測定値 2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定値 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定値 4) 出血の有無における Compuray® による距離測定の比較。その結果以下の結論を得た。

1 Compuray® による距離測定の信頼性が確認できた。

2 Compuray® による距離測定値は、Probie III®, 日本歯科大学新潟式プローブのプロービング値と 0.2 mm 以内の差で 96% 以上の一致率を認めた。

3 新たに開発した本法は、歯周ポケット底部を連続した線として視覚的に明確にすることができた。

以上より、本法はプロービング診査を補う新しい有効な診査方法の一つの手段となることが示唆された。

索引用語 : 歯科用デジタル X 線画像処理装置, 糸状銅線入り歯肉圧排糸, 歯周ポケット底部

緒 言

歯周治療において治療計画、歯周基本治療後の再評価、歯周外科手術法の選択および治療効果の判定をする上で、歯根面に対する歯周ポケット底部と歯槽骨頂部の位置関係を明確にすることはきわめて重要である。通常、歯周ポケット測定値 (プロービング値) を主体に口内法 X 線写真所見を併用してこれらを診査している。しかし、診査用プローブの形状や太さはさまざまである。Ainamo ら¹⁾による WHO プローブは、先端が球状で直径 0.5 mm のものを採用した。池田ら²⁾は、市販のプローブの太さは、0.25~0.5 mm 程度で円柱状のものでは 0.4 mm のものが多いと報告している。このように歯周ポケット値は使用するプローブによってかなり測定値に誤差がでる可能性^{3,4)}が高い。また、現在一般的に用いられているプロービング測定は 6 点法であるが、歯冠の近心部、中央部および遠心部の各々最深部の歯周ポケットを記録するため、測定値は断片的な値として表記される。

このことから、デンタル X 線写真上に歯周ポケット底部を連続した線として観察でき、歯槽骨頂部との関係が視覚的に明確になれば、診断や治療法の決定、治療効果の判定に役立つと考えられる。例えば、歯周ポケットが中央部のみに深く存在する場合、その歯周ポケットが近遠心的に広くて深いものなのか、狭くて深いものなのか視覚的に観察できれば、スクレーピング・ルートプレーニング時のキュレット刃部の適切な

選択が可能になり、その刃部のストロークの方向も予測できる。そして、再評価時において、歯周ポケット底部が歯根面のどの位置に存在しているのかを経時的に比較検討できる。さらに、歯周外科を行う場合は、手術方法や切開線の選択および歯槽骨形態の予測に有効な判断材料を提供できる。

そこで、歯周ポケット底部を X 線写真所見上に連続した線で視覚的に明確にする方法として、糸状銅線入り歯肉圧排糸を歯周ポケット底部に挿入しデジタル X 線画面で診査することを試みた。この糸状銅線入り歯肉圧排糸は、X 線造影性を有し化学的に安定して取り扱いが容易であることより、本実験に採用した。過去に歯周ポケットに造影性を有するものを挿入して X 線写真を撮影したのは、Hirschfeld の研究 (1953 年)⁵⁾ や Goldman の成書 (1966 年)⁶⁾、本邦では、沼部ら (1984 年) のフェライトを用いた歯周ポケット造影⁷⁾、栢ら (1989) の造影剤の調整に関する研究⁸⁾、松田 (1993 年) の造影法を併用した X 線写真による診断⁹⁾がある。また、岩原ら (1997) は、CT を用いた垂直的骨欠損の診断¹⁰⁾について報告している。しかし、造影剤の場合は、副作用に注意を払う必要があることや造影剤が時間とともに歯周ポケット内から流出してしまうことが考えられる。また、CT を患者に応用するには、すべての医療施設で実施することはできず実用的ではないと考えられる。

本実験の目的は、歯周ポケットに糸状銅線入り歯肉圧排糸を挿入し、歯周ポケット底部をデジタル X 線画面上に視覚的に明確にし、これがプロービング診査

を補う新しい有効な診査法の一つの手段となるかを検討することである。

材料および方法

1. 装置および器材

- 1) 歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray® (ヨシダ, 東京) (図 1)

本研究では、歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray® (以下 Comp とする) を使用した。本装置は、Charge Coupled Device 撮像素子 (電荷結合素子; CCD センサー)¹¹⁾ によるデジタル撮影システムを応用した装置である。この装置は、1989 年歯科用デジタル画像形成装置の開発 (Tropy, USA) に始まる。

半導体を用いた受光素子を二次元的に配列した撮像デバイスを固体撮像素子と呼ぶが、CCD センサー (図 2) はこの固体撮像素子の一種である。本装置は、CCD センサーが X 線情報を取り込む方法であるが、CCD 自体は X 線に対してほとんど検出能力を持たないため、X 線蛍光体 (増感紙のように X 線が当たると光を出す物質; シンチレーター) を CCD の表面に配置し、X 線を一度光に変換して、その光を CCD に入射するシステムをとっている。X 線蛍光体は入射 X 線の強度に比例した強さの光を出すので、CCD はその光の強度に応じて電荷を発生する。X 線コントラストは電気信号強度 (電荷量) の差として表される。このようにして得られた電気信号は、CCD センサーと接続ケーブルによりコンピューターに転送され (強度に応じたデジタル値に変換され) 画像情報として保存される。また、本装置には、さまざまな機能があるが本実験では主に距離計測機能を用いた。距離計測は、0.1 mm 単位で測定できる。

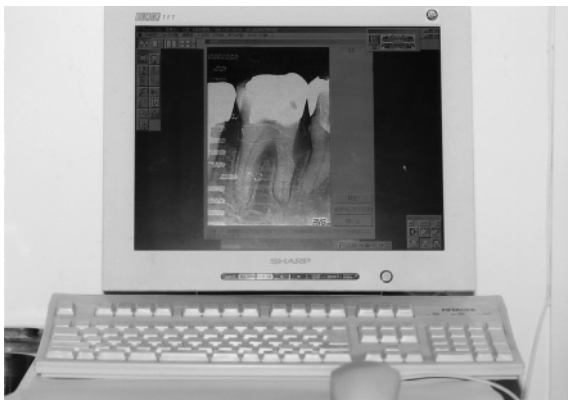


図 1 Compuray®

本実験の X 線撮影装置は、MAX-F® (モリタ, 京都) を用いた。X 線撮影条件は、管電圧 59.8 kVp, 管電流 10 mA, 照射時間 0.101 秒, 焦点・フィルム間距離 23.1 cm で使用した。

- 2) Probie III® (モリタ, 京都) (図 3)

Probie III® (以下 PIII とする) は、機械式プロービング装置で、測定器とプリンタ兼充電器から成っている。測定器は測定用探針とその先に取り付ける測定スプリング、そしてセンサーからなり、0.1 mm 単位で歯周ポケットを測定できる (分解能 0.2 mm)。

- 3) 日本歯科大学新潟式プローブ (YDM, 東京) (図 4)

本プローブ¹²⁾ (以下プローブとする) は、WHO プローブの基準を参考として、プローブの先端を 0.5 mm の球状としてある。目盛りは、先端から 3 mm 次から 2 mm ずつ目盛りをふっており、最高 11 mm まで測定できる。

- 4) Stay-put® (roeko, ドイツ) (図 5)

No. 0 (糸の直径 0.485 mm, 銅線の直径 0.1 mm, 糸の材質は綿) のサイズの糸状銅線入り歯肉圧排糸 (以下 S-T とする) を用いた。

2. 実験方法

実験 1 歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray® の距離測定の信頼性
顎模型 (ニッシン, 京都) の人工歯歯根に 1 mm 単位の X 線不透過性のメジャーテープ羅針絆®

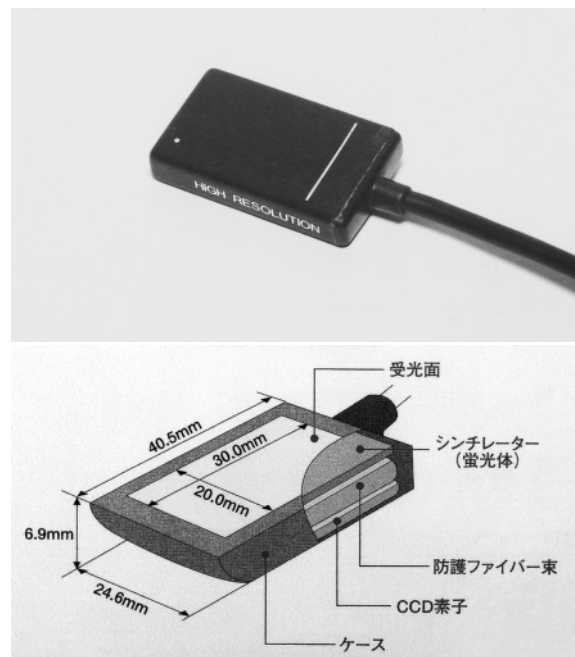


図 2 CCD センサーと内部構造

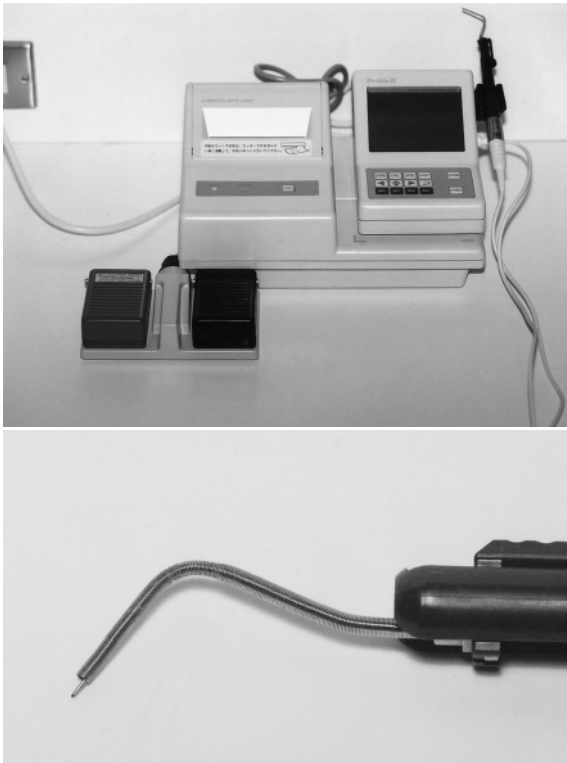


図3 Probie III®とその測定用探針



図5 Stay-put®

(NittoMedical, 大阪) (図6) を貼り、口腔内で撮影する場合と同様の規格撮影ポジションナー (Tropy, USA) を用いて、CompのRCVセンサー (CCDセンサー) により平行法でX線撮影した (図7)。次にコンピューター画面上で距離測定を0.1mm単位で行なった。測定部位は、11, 14, 16および31, 34, 36の唇頬側の歯根に、CEJより1mm幅でメジャーテープ羅針絆®を貼り、21, 24, 26および41, 44, 46

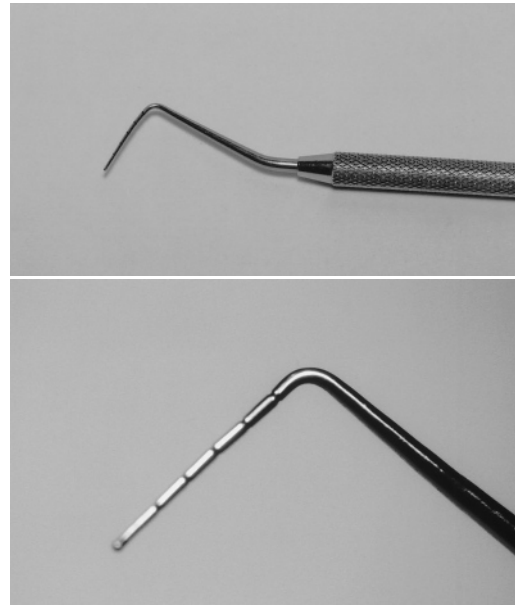


図4 日本歯科大学新潟式プローブ



図6 顎模型の人工歯根とメジャーテープ羅針絆®

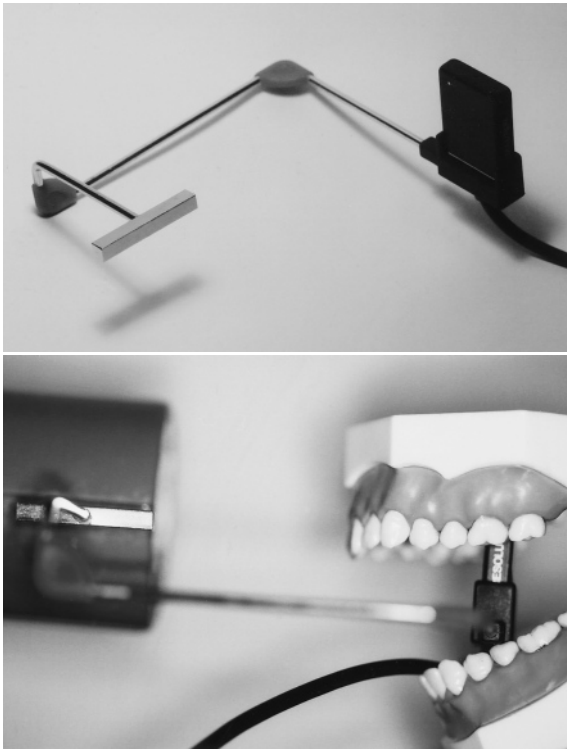


図 7 規格撮影用ポジショナーと X 線撮影風景

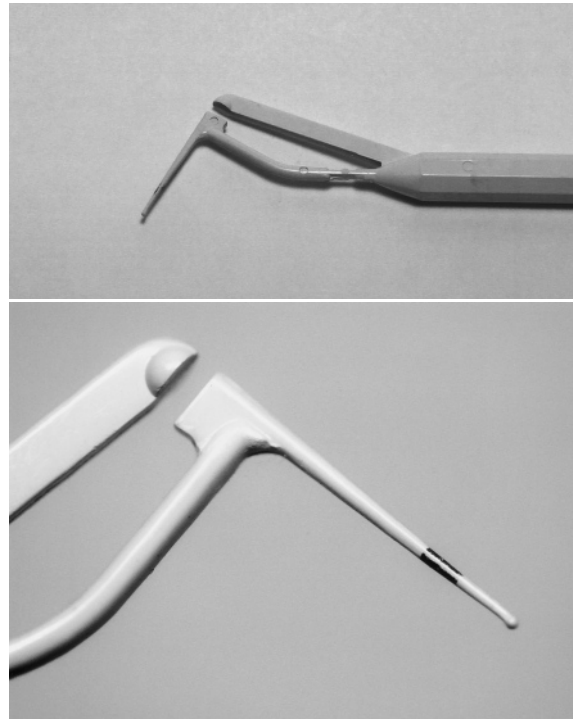


図 8 Sensor Probe TypeE®

には舌口蓋側の歯根に、CEJより1mm幅でメジャーテープ羅針絆®を貼って X 線撮影をした。1mmのメジャーテープを Comp が何mmと計測するかを検証した。これにより、歯根と Comp の距離測定信頼性を確認した。同一部位を2回撮影し、Comp の距離測定を同部位で5回測定した。

実験2 Compuray®による6点法歯周ポケット測定信頼性(種々の歯周ポケットによる計測値の比較)

1) 健常者の歯肉溝測定値

(1) 被検者

健常者26名を被検者とした。健常者として、ほぼ正常歯列を有し、下記の基準を満足する医療法人 社団 浜歯科医院を受診した患者26名(男性6名、女性20名、平均年齢23.2±3.8歳)を選択した。なお、患者には研究の目的および方法を説明し、十分な同意を得た。

- ① 高位歯、低位歯、捻転歯、奇形歯がない
- ② 開咬、切端咬合、過蓋咬合、反対咬合でない
- ③ 第3大臼歯以外で欠損歯、および過剰歯がない
- ④ 臨床的正常歯肉を有する(すなわち、臨床的正常歯肉とは、測定したすべての部位でGingival bleeding index のスコア(-)、Probing depth が3.0mm以下であり、Plaque control record が20%



図 9 ステントと Stay-put® の位置づけ

以下)

(2) 検者

筆者が行った。

(3) 研究方法

歯周ポケット底部に S-T を PDT Sensor Probe TypeE® (プロデンテック, USA) (図8) を用いて規格荷重20gで挿入した。歯周ポケット辺縁頂部にも S-T を位置づけて、ユニファストII® (GC, 東京) を筆積法で歯肉辺縁から歯面に薄く盛り S-T を固定した(図9)。対象となる部位の歯冠に固定源を求めプローブおよび PIII を一定の位置に設定できるような



図 10 Compuray® による距離計測

レジンスメントを装着し、Comp の距離測定による歯周ポケット測定を行った。この際、ステントには、PIII およびプローブによる歯周ポケット測定する部位（近心，中央，遠心）へグループを作製しておいた。X線画像上で測定するため、S-T は唇（頬）側のみか舌（口蓋）側のみ挿入して X 線撮影をした。このとき S-T 挿入完了から X 線撮影までに要した時間は、1 分以内とした。また、ステントが固定された同一部位において PIII およびプローブにより歯周ポケット測定を行った。

測定部位は、唇（頬）側近心隅角部，唇（頬）側中央部，唇（頬）側遠心隅角部の 3 点と舌（口蓋）側近心隅角部，舌（口蓋）側中央部，舌（口蓋）側遠心隅角部の 3 点で測定した。これは、X 線画像上で測定するため、唇（頬）側と舌（口蓋）側を区別するために 3 点ずつの測定となった。

X 線撮影方法は、規格撮影ポジションナーを用いて平行法で行った。測定は、すべて 1 人の検者により行い、Comp の距離測定と PIII による歯周ポケット測定は 0.1 mm 単位で記録した。プローブは 0.5 mm 単位で記録した。

健常者における対象部位は、47 歯の 141 部位であった。

Comp の距離測定値，PIII による歯周ポケット測定値およびプローブの歯周ポケット測定値を比較し検討した。さらに測定値の一致率を検討した。

2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定値

(1) 被検者

医療法人 社団 浜歯科医院を受診した歯周疾患患

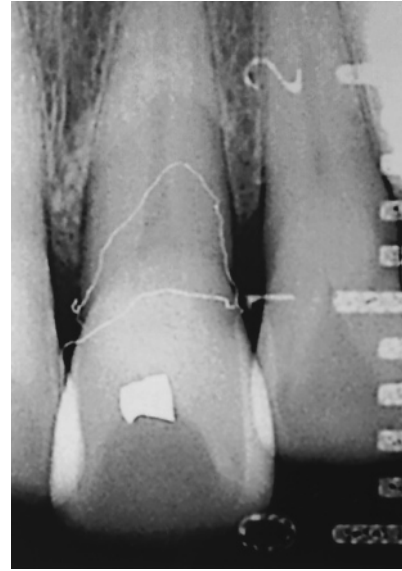


図 11 上顎前歯部口蓋側

者 81 名（男性 44 名，女性 37 名，平均年齢 57.8 ± 11.7 歳）を被検者とした。なお，患者には研究の目的および方法を説明し，十分な同意を得た。

(2) 検者

筆者が行った。

(3) 研究方法

歯周ポケット深さ別に 0-3.0 mm，3.1-6.9 mm，7.0 mm 以上に分類して，S-T を実験 2-1) と同様に位置づけた。また，測定部位について実験 2-1) と同様の方法でその歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定値を比較した。歯周疾患患者では，対象部位は，108 歯の 324 部位であった。Comp の距離測定値（図 10），PIII による歯周ポケット測定値およびプローブの歯周ポケット測定値を比較し検討した。さらに実験 2-1) と同様に一致率についても検討した。

3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定値

(1) 被検者

実験 2 の 2) の歯周疾患患者に準じる。

(2) 検者

筆者が行った。

(3) 研究方法

歯周ポケットを上顎前歯部（図 11），上顎小臼歯部，上顎大臼歯部（図 12），下顎前歯，下顎小臼歯，下顎大臼歯（図 13），の歯種別に分類して S-T を実験 2-1) と同様に位置づけた。図 12-14 において，歯頸部側に写し出された X 線不透過性の線は，歯周ポケット辺縁部に位置づけた S-T であり，根尖側に写



図 12 上顎大白歯部頬側



図 13 下顎大白歯部頬側

し出された X 線不透過性の線は、歯周ポケット底部に位置づけた S-T である。また、測定部位について実験 2-1) と同様の方法で歯種別による歯周ポケット測定値を比較した。対象部位は、108 歯の 324 部位であった。Comp の距離測定値、PIII による歯周ポケット測定値およびプローブの歯周ポケット測定値を比較し検討した。さらに実験 2-1) と同様に一致率についても検討した。

4) 出血の有無における Compuray[®] の距離測定の比較

(1) 被検者

実験 2 の 2) の歯周疾患患者に準じる。

(2) 検者

筆者が行った。

(3) 研究方法

プロービング (プローブを用いて) して 30 秒以内に出血した部位を BOP (+), 出血しなかった部位を BOP (-) として S-T を実験 2-1) と同様に位置づけた。また、測定部位について実験 2-1) と同様の方法で Comp の距離測定値、PIII による歯周ポケット測定値およびプローブの歯周ポケット測定値を比較し検討した。さらに実験 2-1) と同様に一致率についても検討した。

4. 統計学的検索

実験 1 では、1 標本の比較として one sample *t*-test を用いて検討した。実験 2 では、2 群間の比較は、対応のある *t* 検定 (paired *t* test), Pearson の相関係数を用いて検討した (ここでいう群とは Comp の距離測定値, PIII による歯周ポケット測定値および

プローブの歯周ポケット測定値)。それぞれの検定では、危険率 1% ($p < 0.01$) をもって有意とした。さらに測定値の一致率 (この場合の一致率とは、測定値が一致した百分率, 0.1 mm 以内で一致した百分率, 同様に 0.2 mm 以内, 0.3 mm 以内の百分率をいう) を用いて検討した。

結 果

実験 1 歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray[®] の距離測定の信頼性について (表 1)

第 1 回目の平均値 (Compuray 1) は、 0.99 ± 0.06 mm であり、第 2 回目の平均値 (Compuray 2) は、 0.99 ± 0.05 mm であった。第 1 回目と第 2 回目ともに統計学的に有意差は認められなかった (one sample *t*-test)。以上より Compuray[®] の距離測定の信頼性が確認できた。

実験 2 Compuray[®] による歯周ポケット測定の信頼性 (種々の歯周ポケットによる計測値の比較)

1) 健常者の歯肉溝測定の信頼性 (表 2)

Comp の平均値は 2.13 ± 0.62 mm, PIII の平均値は 2.13 ± 0.64 mm, プローブの平均値は 2.16 ± 0.64 mm であった。Comp と PIII の歯肉溝測定値は、有意差は認められなかった。Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯肉溝測定値は、有意差を認めた ($p < 0.01$)。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれ

表 1 実験 1 歯科用デジタル X 線画像処理装置 (Compuray®) の距離測定再現性

	例数 60	
	Compuray 1	Compuray 2
模型歯根メジャーテープ	0.99±0.06	0.99±0.05
	NS	NS

mean±S.D. 単位:mm NS:Not Significant One Sample t-test

の間の歯肉溝測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯肉溝測定値の一致率は 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。以上より健常者においてプロービング値の信頼性は高いことが確認された。

2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定値の信頼性

3 mm 以下の歯周ポケット測定では (表 3-a), Comp の平均値は 2.73±0.38 mm, PIII の平均値は 2.69±0.38 mm, プローブの平均値は 2.74±0.39 mm であった。Comp とプローブ, PIII とプローブの間の歯周ポケット測定値は、有意差は認められなかった。Comp と PIII の歯周ポケット測定値は、有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間のプロービング値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

3.1-6.9 mm の歯周ポケット測定では (表 3-b), Comp の平均値は 4.51±0.65 mm, PIII の平均値は 4.47±0.65 mm, プローブの平均値は 4.53±0.66 mm であった。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

7 mm 以上の歯周ポケット測定では (表 3-c), Comp の平均値は 7.46±0.84 mm, PIII の平均値は 7.42±0.85 mm, プローブの平均値は 7.47±0.83 mm であった。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値

表 2 実験 2 Compuray® による 6 点法歯周ポケット測定 (種々の歯周ポケットによる計測値の比較)

1) 健常者の歯肉溝測定 例数 141

paired t test		単位:mm
診査器具	mean±S.D.	
Comp	2.13±0.62	
PIII	2.13±0.64	
プローブ	2.16±0.64	

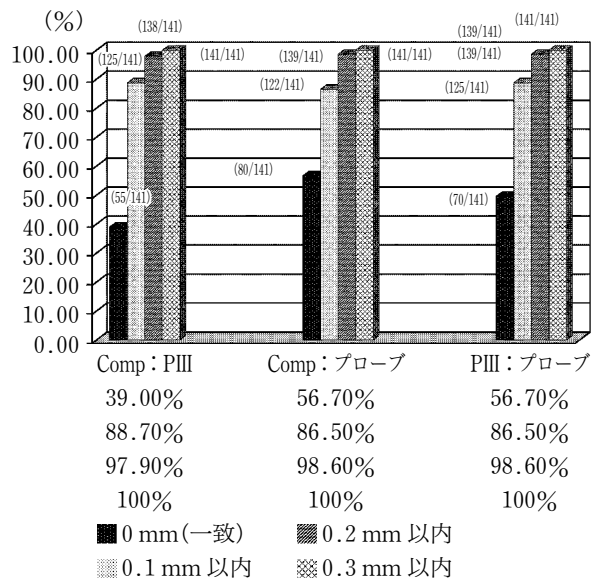
NS:Not Significant * :p<0.01

Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.98	*
Comp : プローブ	0.98	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

実験 2 Compuray® による歯周ポケット測定信頼性 1) 健常者の歯肉溝測定一致率 例数 141



は、有意差は認められなかった。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

以上、歯周ポケット深さ別の歯周ポケット測定値よ

表 3-a 2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定値 3 mm 以下の歯周ポケット測定値 例数 141

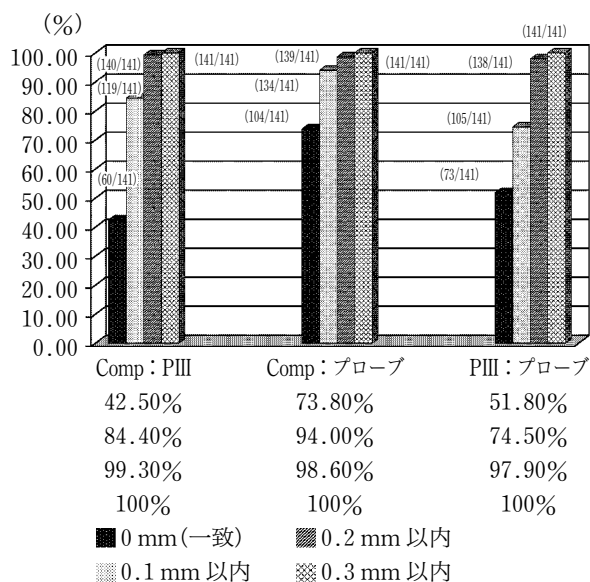
paired t test	
mean±S.D. 単位: mm	
診査器具	mean±S.D.
Comp	2.73±0.38
PIII	2.69±0.38
プローブ	2.74±0.39

NS: Not Significant * : p<0.01

Pearson の相関係数		
診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.96	*
Comp : プローブ	0.98	*
PIII : プローブ	0.97	*

* : p<0.01

実験 2 2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定 3 mm 以下の歯周ポケット測定の一一致率 例数 141



り歯周ポケット底部に Stay-put® (糸状銅線入り歯肉圧排糸) が挿入されていることがわかった。

3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定値の信頼性

上顎前歯部では (表 4-a), Comp の平均値は 4.10±1.30 mm, PIIIの平均値は 4.10±1.32 mm, プローブの平均値は 4.13±1.30 mm であった。Comp

表 3-b 3.1 mm ≤ 6.9 mm の歯周ポケット測定値 例数 152

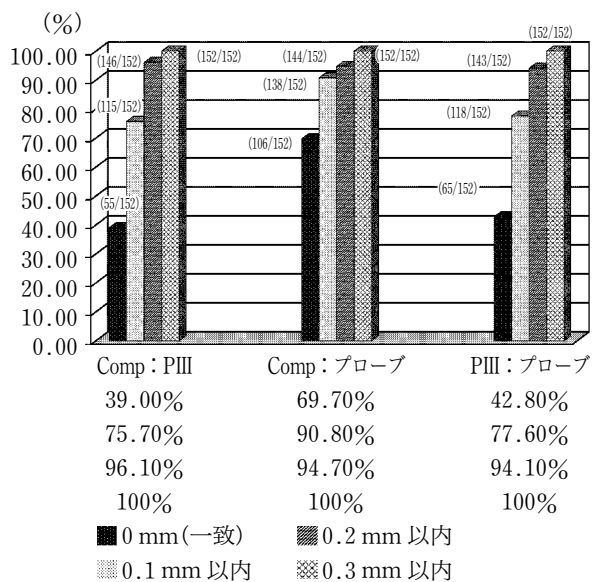
paired t test	
mean±S.D. 単位: mm	
診査器具	mean±S.D.
Comp	4.51±0.65
PIII	4.47±0.65
プローブ	4.53±0.66

* : p<0.01

Pearson の相関係数		
診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	0.99	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

実験 2 2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定 3.1 mm ≤ 6.9 mm の歯周ポケット測定の一一致率 例数 152



と PIII, PIIIとプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値には, 有意差は認められなかった。Comp とプローブの間のプロービング値は, 有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では, Comp と PIII, Comp とプローブ, PIIIとプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は, 有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一一致率

表 3-c 7.0 mm 以上の歯周ポケット測定値
例数 29

paired *t* test
mean±S.D. 単位 : mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	7.46±0.84
PIII	7.42±0.85
プローブ	7.47±0.83

NS : Not Significant

Pearson の相関係数

診査器具	相関係数
Comp : PIII	0.99 *
Comp : プローブ	0.99 *
PIII : プローブ	0.99 *

* : p<0.01

表 4-a 上顎前歯部における歯周ポケット測定値
例数 57

paired *t* test
mean±S.D. 単位 : mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	4.10±1.30
PIII	4.10±1.32
プローブ	4.13±1.30

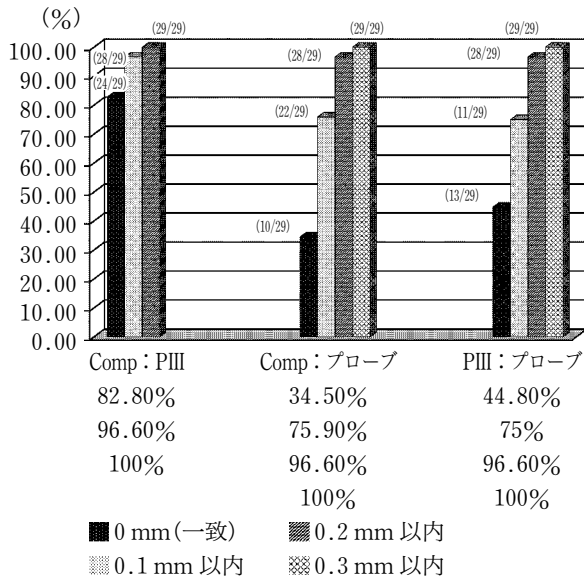
NS : Not Significant * : p<0.01

Pearson の相関係数

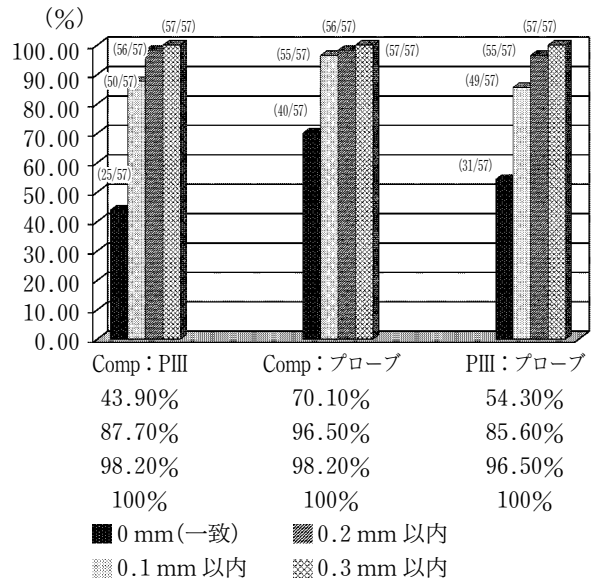
診査器具	相関係数
Comp : PIII	0.99 *
Comp : プローブ	0.99 *
PIII : プローブ	0.99 *

* : p<0.01

実験 2 2) 歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定
7 mm 以上の歯周ポケット測定の一貫率
例数 29



実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定
上顎前歯部の歯周ポケット測定の一貫率
例数 57



では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

下顎前歯部では (表 4-b), Comp の平均値は 3.88±1.58 mm, PIII の平均値は 3.89±1.61 mm, プローブの平均値は 3.89±1.58 mm であった。Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値には、有意差は認められなかった。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの間の

歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一貫率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

上顎小白歯部では (表 4-c), Comp の平均値は 3.57±0.96 mm, PIII の平均値は 3.50±0.95 mm, プローブの平均値は 3.58±0.97 mm であった。Comp と プローブの歯周ポケット測定値には、有意差は認め

表 4-b 下顎前歯部における歯周ポケット測定値 例数 48

paired t test
mean±S.D. 単位：mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	3.88±1.58
PIII	3.89±1.61
プローブ	3.89±1.58

NS : Not Significant

Pearson の相関係数

診査器具	相関係数
Comp : PIII	0.99 *
Comp : プローブ	0.99 *
PIII : プローブ	0.99 *

* : p<0.01

表 4-c 上顎小白歯部における歯周ポケット測定値 例数 60

paired t test
mean±S.D. 単位：mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	3.57±0.96
PIII	3.50±0.95
プローブ	3.58±0.97

NS : Not Significant * : p<0.01

Pearson の相関係数

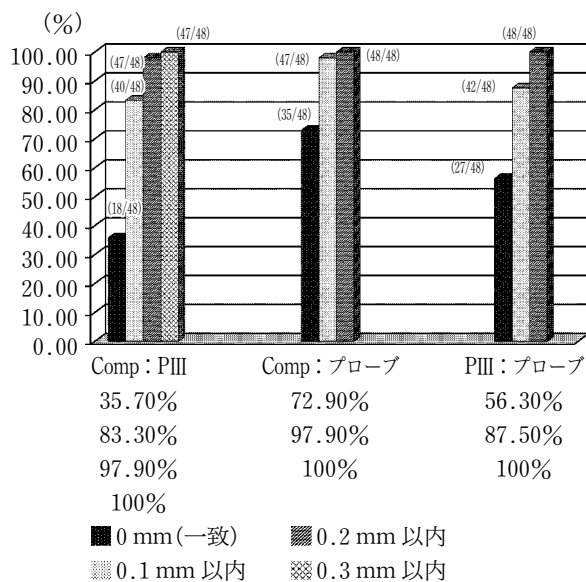
診査器具	相関係数
Comp : PIII	0.99 *
Comp : プローブ	0.99 *
PIII : プローブ	0.99 *

* : p<0.01

実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定

下顎前歯部の歯周ポケット測定の一一致率

例数 48

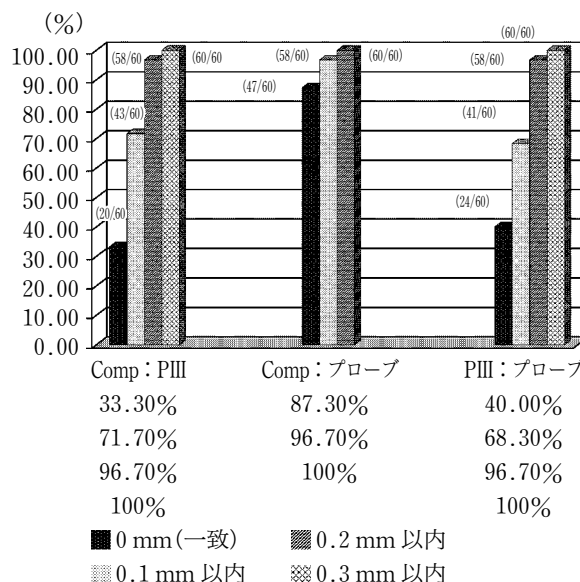


られなかった。Comp と PIII, PIII とプローブ, それぞれの間のプロービング値は, 有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では, Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は, 有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一一致率では, 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定

上顎小白歯部の歯周ポケット測定の一一致率

例数 60



下顎小白歯部では (表 4-d), Comp の平均値は 3.79±1.37 mm, PIII の平均値は 3.76±1.37 mm, プローブの平均値は 3.82±1.38 mm であった。Comp と PIII の歯周ポケット測定値には, 有意差は認められなかった。Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間のプロービング値は, 有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では, Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ, それぞれの間の

表 4-d 下顎小白歯部における歯周ポケット測定値 例数 42

paired t test
mean±S.D. 単位:mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	3.79±1.37
PIII	3.76±1.37
プローブ	3.82±1.38

NS : Not Significant * : p<0.01

Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	0.99	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

表 4-e 上顎大白歯部における歯周ポケット測定値 例数 47

paired t test
mean±S.D. 単位:mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	4.74±1.76
PIII	4.67±1.75
プローブ	4.76±1.75

NS : Not Significant * : p<0.01

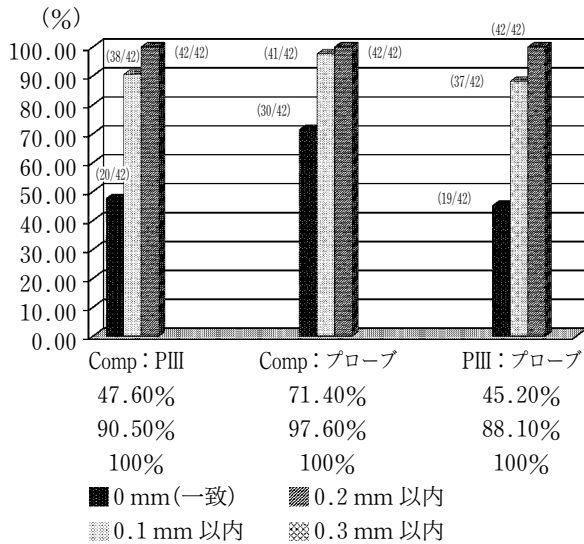
Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	1.00	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

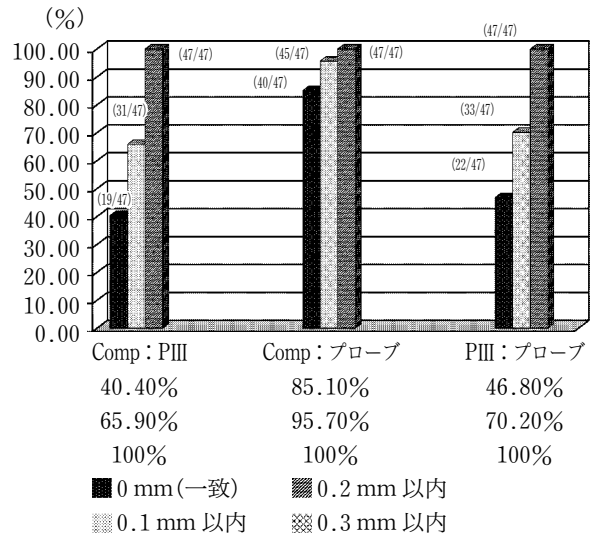
実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定

下顎小白歯部の歯周ポケット測定の一一致率 例数 42



実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定

上顎大白歯部の歯周ポケット測定の一一致率 例数 47



歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

上顎大白歯部では (表 4-e), Comp の平均値は 4.74±1.76 mm, PIII の平均値は 4.67±1.75 mm, プローブの平均値は 4.76±1.75 mm であった。Comp と プローブの歯周ポケット測定値には、有意差は認められなかった。Comp と PIII, PIII と プローブ, それ

ぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp と プローブ, PIII と プローブ, それぞれの歯周ポケット測定値の一一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

下顎大白歯部では (表 4-f), Comp の平均値は 3.95±1.65 mm, PIII の平均値は 3.89±1.65 mm, プ

表 4-f 下顎大白歯部におけるプロービング値の再現性 例数 70

paired *t* test
mean±S.D. 単位: mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	3.95±1.65
PIII	3.89±1.65
プローブ	3.96±1.66

NS: Not Significant * : p<0.01

Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	0.99	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

表 5-a BOP (-) における歯周ポケット測定値の比較 例数 140

paired *t* test
mean±S.D. 単位: mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	2.91±0.65
PIII	2.88±0.66
プローブ	2.93±0.66

NS: Not Significant * : p<0.01

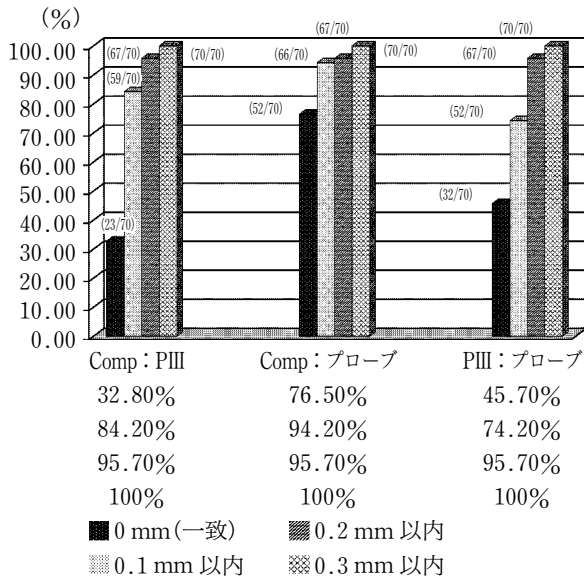
Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	0.99	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

実験 2 3) 歯周疾患患者の歯種別による歯周ポケット測定

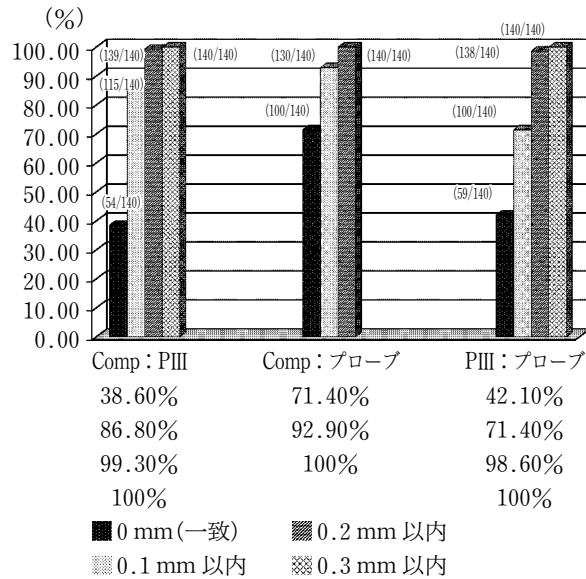
下顎大白歯部の歯周ポケット測定値の一致率 例数 70



プローブの平均値は 3.96±1.66 mm であった。Comp とプローブの歯周ポケット測定値には、有意差は認められなかった。Comp と PIII, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意差を認めた (p<0.01)。Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII

実験 2 4) 歯周疾患患者の出血の有無による歯周ポケット測定

BOP (-) における歯周ポケット測定値の一致率 例数 140



とプローブ、それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

以上、歯種別の歯周ポケット測定値より歯周ポケット底部に Stay-put® (糸状銅線入り歯肉圧排糸) が挿入されていることがわかった。

4) 歯周疾患患者の出血の有無による歯周ポケット測定値の信頼性

BOP (-) においては (表 5-a), Comp の平均値

表 5-b BOP (+) における歯周ポケット測定値の比較 例数 184
paired *t* test
mean±S.D. 単位: mm

診査器具	mean±S.D.
Comp	4.82±1.42
PIII	4.78±1.43
プローブ	4.84±1.42

* : p<0.01

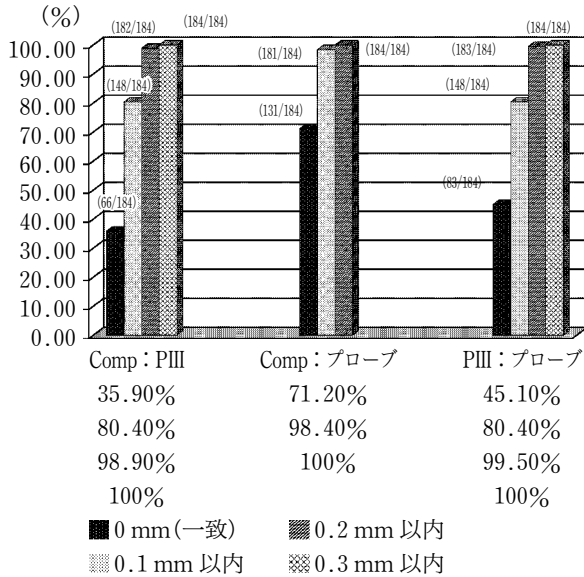
Pearson の相関係数

診査器具	相関係数	
Comp : PIII	0.99	*
Comp : プローブ	0.99	*
PIII : プローブ	0.99	*

* : p<0.01

実験 2 4) 歯周疾患患者の出血の有無による歯周ポケット測定

BOP (+) における歯周ポケット測定の一
致率 例数 184



は 2.91±0.65 mm, PIII の平均値は 2.88±0.66 mm, プローブの平均値は 2.93±0.66 mm であった。Comp とプローブの歯周ポケット測定値には、有意差は認められなかった。Comp と PIII, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意差を認めた (p<0.01)。しかし、Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値は、有意な相

関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

BOP (+) においては (表 5-b), Comp の平均値は 4.82±1.42 mm, PIII の平均値は 4.78±1.43 mm, プローブの平均値は 4.84±1.42 mm であった Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値には、有意差を認めた (p<0.01)。しかし、Pearson の相関係数では、Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの間の歯周ポケット測定値には、有意な相関関係が認められた (p<0.01)。Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブ、それぞれの歯周ポケット測定値の一致率では、0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。

paired *t* test では明らかにできなかったが、Pearson の相関係数と一致率から歯周ポケット底からの出血により Stay-put® (糸状銅線入り歯肉圧排糸) の位置が影響されないことが確認された。

考 察

歯周治療における重要な診査項目のなかに歯周ポケット測定があるが、未だ世界的に統一されたプローブや測定方法は確立されていない。

測定部位は、古くは、1 歯に対して唇 (頬) 側と舌 (口蓋) 側の、おのおの 1 カ所を測定する 2 点法^{13,14}, 6 点法を簡略化して舌 (口蓋) 側中央部と、唇 (頬) 側の近心部・中央部・遠心部を測定する 4 点法と、現在一般的に用いられている 6 点法, 6 点法に近遠心歯間部を加えた 8 点法が存在する。これらは、その部位の最深部を記録するため、歯周ポケットを断片的に記録し、X 線写真所見と併用して頭の中で歯周ポケット底部を組み合わせながら診断しなければならない。そのため、たとえば近心部と中央部の間というように測定部位間の歯周ポケット底部は X 線写真所見で想像するより方法はなかった。本研究は、歯周ポケット底部に Stay-put® (糸状銅線入り歯肉圧排糸) を挿入して X 線撮影を行うことにより、デジタル X 線写真上で視覚的に歯周ポケット底部を連続した線として確認し、歯周ポケット測定診査を補う新しい診査方法の確立を目的とした。

近年、歯科用デジタル X 線画像処理装置の普及には目を見張るものがある。その理由として以下のことがあげられる^{15,16}。

1. 濃度調節: X 線フィルムの場合、写真濃度は

撮影条件 (X 線線量を決定する管電圧・管電流・照射時間・焦点フィルム間距離など) と現像条件 (現像液や定着液の液温や現像時間など) により決定され、後から濃度の調節を行うことは不可能である。しかし、歯科用デジタル X 線画像処理装置では、撮影条件の変化による濃度のバラツキを調整できるため、後から術者が観察しやすい濃度が調整できる。

2. コントラスト調節: X 線フィルムでは、写真コントラストは被写体 (歯、骨、歯肉など) の X 線透過性、X 線エネルギー (管電圧やフィルター量など)、現像条件 (現像液や定着液の温度、現像時間など) により決定され、濃度と同様に現像してから調節することは不可能である。歯科用デジタル X 線画像処理装置では、後から術者が観察しやすいコントラストに調整ができる。

3. 最適化処理: 観察したい部位を見やすいコントラストに調節する機能がある。

4. 計測機能: 診断を補助するための距離、角度、面積などを計測する。

5. フィルター処理: 画像を観察しやすくしたり対象物の特徴を強調することを目的とした各種フィルター処理がある。

6. 被曝線量の軽減: X 線フィルムの場合に比べて被曝線量を 1/2 から 1/10 に軽減できる。

7. ハードディスク: 保存はデジタルのため、フィルムレスでファイルごとに保存可能である。

このように歯科用デジタル X 線画像処理装置は、精度の高い実用的な診断機器に発展してきた。

本研究では、歯周ポケット底部に Stay-put[®] (糸状銅線入り歯肉圧排糸) が達しているかを評価するために、歯周ポケット測定値を使って検討した。歯周ポケット測定値の再現性を検討する場合のデータ処理方法としては、大別して相関係数を用いた検索方法^{16,17)}と実測値を用いた検索方法^{17),19-21)}がある。本研究では、Comp と PIII は 0.1 mm 毎の記録、プローブは術者の目測で 0.5 mm 毎の記録で行なった。記録計測単位が異なることから実測値による検索と相関係数による検索を併用し、さらに歯周ポケット測定値の一致率 (百分率) を 0.1 mm 単位で算出した。

歯科用デジタル X 線画像処理装置 Compuray[®] の距離測定信頼性についてであるが (表 1)、顎模型上の歯根に貼った 1 mm の長さが Comp の距離計測では何 mm として測定されるかを実験した。第 1 回目と第 2 回目ともに有意差を認めず、Comp の距離計測の信頼性が確認できた。

Comp による歯周ポケット測定信頼性 (種々の歯周ポケットによる計測値の比較) についてであるが、

健全者の歯肉溝測定値の信頼性については (表 2)、Pearson の相関係数において、Comp と PIII、Comp とプローブ、PIII とプローブの間には有意な相関関係が認められ、それぞれの歯肉溝測定値の一致率は 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。ところが、paired *t* test では、Comp と PIII のみ有意差が認められなかった。これは Comp と PIII は 0.1 mm 単位の側定であり、プローブは 0.5 mm 単位の測定のため、プローブの測定誤差がわずかではあるが検定に影響したことが考えられる。しかし、実際の臨床では、0.1 mm の誤差は影響ないと考えられる。プロービング時の誤差要因として、Grant ら⁴⁾は、プローブの太さ、測定圧、ポケットの深さ、挿入角度、歯石の存在、歯肉の状態、測定者の目盛の読み取りの正確さなどの項目をあげている。相関係数や歯周ポケット測定値の一致率も含めて総合して考えると歯周ポケット底部に Stay-put[®] (糸状銅線入り歯肉圧排糸) が挿入されていることがわかった。

歯周ポケット深さ別による歯周ポケット測定の再現性については、3 mm 以下 (表 3-a)、3.1-6.9 mm (表 3-b)、7.0 mm 以上 (表 3-c) の歯周ポケット深さ別の歯周ポケット測定は、Comp と PIII、Comp とプローブ、PIII とプローブの間には有意な相関関係が認められ、それぞれの間の一致率は 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。また、3.5 mm、4.0 mm、4.5 mm、5.0 mm、6.0 mm、7.0 mm のプロービング値ごとに検索してみると、Comp と PIII の間には有意差が認められなかった (paired *t* test)。これは、0.1 mm 単位で測定しているため測定誤差が手用プローブに比べ小さかったと考えられる。Kalkwarf ら²²⁾は、手用プロービングと感圧プロービングによる歯周ポケット測定値を比較し、±1 mm の範囲で一致したものは、97%、4-5 mm では 90%、6 mm 以上では 83% であったと報告している。手用プロービングでは歯周ポケットが深くなると誤差が大きくなるとする報告^{23,24)}を考えると、本実験での Comp と PIII の歯周ポケット測定値の再現性は高く、信頼性のある数値と言えよう。

歯種別による歯周ポケット測定値の再現性については、上顎前歯部 (表 4-a)、下顎前歯部 (表 4-b)、上顎小臼歯部 (表 4-c)、下顎小臼歯部 (表 4-d)、上顎大臼歯部 (表 4-e)、下顎大臼歯部 (表 4-f) は、Comp と PIII、Comp とプローブ、PIII とプローブの間には有意な相関関係が認められた (Pearson の相関係数)。また、それぞれの歯周ポケット測定値の一致率は 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。Comp と PIII の歯周ポケット測定値は再現性が高いことを考

えると, paired *t* test では, 下顎前歯部で Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブの間には有意差が認められなかったものの, 臼歯部にいくにつれて有意差が認められ, 測定誤差が大きかったと考えられる。これは, 上顎でも同様の傾向がみられた。PIII とプローブの測定は, 被検者が歯科用診療台に水平位で, 術者は 12 時から 9 時の位置の間でプロービング測定を行ったことによる誤差と考える。例えば, 下顎臼歯頬側プロービング測定の場合, 被検者は 12 時の位置からの測定となり, 目視は斜めからとなるため, プローブの挿入方向や目盛の読み取りが歯軸方向に正確に一致していなかったことや歯の解剖学的豊隆の違いによる誤差と考える。

出血の有無における Comp の距離測定の比較については (表 5-a) (表 5-b), Comp と PIII, Comp とプローブ, PIII とプローブの間には有意な相関関係が認められた (Pearson の相関係数)。また, それぞれのプロービング値の一致率は 0.2 mm 以内にほぼすべて収まっていた。Stay-put[®] は糸状銅線入り歯肉圧排糸のため歯周ポケット底部で形が決められると, その位置は出血では変化しないと考えられる。

以上のことから, 歯周ポケット底部に Stay-put[®] (糸状銅線入り歯肉圧排糸) が挿入されていることが確認された。そして, 歯周ポケット底部に Compu-ray[®] を用いたデジタル X 線画面上に連続した線として視覚的に明確にすることができた。

本法による X 線診査の限界として, X 線写真には頬側の面と舌側の面とを 1 枚のフィルムに投影してしまうために, 頬側もしくは舌側の一方しか行うことができないことや隣接面, 歯列不正の歯周ポケットの明示ができない欠点がある。しかしながら, 歯周ポケット測定診査は歯周ポケットをいくつかのポイントでしか記録できないのにくらべて, 歯周ポケット底部に Stay-put[®] (糸状銅線入り歯肉圧排糸) を挿入して X 線撮影を行うことにより, 歯肉辺縁頂部と歯周ポケット底部の歯根に対する関係を明確にすることができる。造影剤 (とくにヨード系造影剤) を用いた歯周ポケット造影⁹⁾ の場合は, 副作用に注意を要する必要があることや造影剤が時間とともに歯周ポケットから流出することを考慮しなければならない。また, CT によるコンピュータ断層撮影¹¹⁾ を用いた歯周ポケット診断が報告されているが, 臨床で応用する場合には簡便な方法とは言い難い。本法は, 通常のデンタルフィルムで撮影する場合より 1/2-1/10 の照射線量で撮影でき, 唇側と舌側の撮影をしても患者にとって被曝線量が軽減できる。また, 歯周ポケットに Stay-put[®] (糸状銅線入り歯肉圧排糸) を挿入する煩雑さはあるが,

この糸状銅線入り歯肉圧排糸は, X 線造影性を有し化学的に安定していて取り扱いが容易であり, 患者へのインフォームドコンセントが確立すれば有効な方法であると考えられる。さらに本法は, 診断や治療方法の決定, 治療効果の判定に役立つと考えられる。すなわち, スケーリング・ルートプレーニング時のキュレット刃部の適切な選択, そのストロークの方向を予想できる。そして, 再評価時において歯周ポケット底部が歯根面のどの位置に存在しているのか経時的に比較検討することが可能となる。さらに, 歯周外科を行う場合, 手術法や切開線の選択に有効な判断材料を提供できることが示唆された。

本論文の要旨は, 第 46 回春季日本歯周病学会学術大会 (平成 15 年 4 月 25 日) において発表した。

謝 辞

稿を終えるにあたり, 本研究にご指導, ご校閲を賜りました日本歯科大学新潟歯学部歯周病学講座長谷川明教授に謹んで謝意を表します。また, 本研究に際しご指導いただいた附属病院総合診療科阿部祐三先生に厚く御礼申し上げます。最後に, 多くの助言とご協力を頂きました歯周病学講座の皆様深く感謝いたします。

文 献

- 1) Ainamo J, Baumes D, Cutress T, Marin J, Infirri JS : Development of the World Health Organization (WHO) Community Periodontal Index of Treatment Needs (CPITN). *Int Dent J*, 32 : 281-291, 1983.
- 2) 池田克巳, 楠 公仁 : プローブの形態と効果的なプロービング. *歯界展望*, 67 : 1039-1048, 1986.
- 3) Glavind L, Løe H : Error in the clinical assessment of periodontal destruction. *J Periodont Res*, 2 : 180-184, 1967.
- 4) Grant DA, Stern IB, Listgarten MA : Periodontics in the tradition of Gottlieb and Orban, sixth edition, CV Mosby Co, St Louis, 1988, 537-548.
- 5) Hirschfeld L : A calibrated silver point for periodontal diagnosis and recording. *J Periodontol*, 24 : 94-98, 1953.
- 6) Isenberg G : Therapy of the marginal lesion, Goldman, HM Schluger, S Cohen DW, Chaikin BS, Fox L : An introduction to periodontia, third edition CV Mosby, London, 1966, 89-90.
- 7) 沼部幸博, 玉澤 修, 渡辺 隆, 鴨居久一 : 歯科 X 線イメージングシステムを用いたフェライトの歯周疾患診断への応用. *日歯周誌*, 26 : 156-157,

- 1984.
- 8) 栢 豪洋, 金子憲章, 山田恭央, 豊重 広, 松尾繁, 山崎明宏, 鏡 脩: 歯周ポケットの造影に関する研究. 第一報: 造影剤の調整. 福岡歯誌, 16 : 52-58, 1989.
 - 9) 松田幸子: 上顎大白歯根分岐部病変の X 線写真診査に関する検討. 造影法を併用した X 線写真による診断. 日歯周誌, 35 : 605-614, 1993.
 - 10) 岩原弘一, 菅谷 勉, 加藤 熙, 小平澤英男: 垂直性骨欠損形態の診断における CT の有用性の検討. 日歯周誌, 39 : 513-519, 1997.
 - 11) 黒柳錦也, 早川吉彦: 歯科用デジタル X 線画像診断システムの現状と将来. 日本歯科医師会雑誌, 51 : 746-758, 1998.
 - 12) 浜口茂雄: 歯間部歯周ポケットとその測定法に関する研究. 日歯周誌, 31 : 608-632, 1989.
 - 13) 木下吉太郎, 佐藤徹一郎, 佐和正彦, 今村嘉男, 篠田 登, 磯 泰巳: 木村式改良歯齦嚢測定器について. 日本歯槽膿漏学会会誌, 6 : 26-29, 1964.
 - 14) 中村平蔵: 歯槽膿漏症の療法, 第一版, 日本歯科医師会, 東京, 24-27, 1960.
 - 15) 埜 茂生, 湯浅賢治, 徳森謙二, 荒木和之, 田中武昌, 加藤 誠, 神田重信: 歯科用デジタル X 線診断システム「ディクセル」の臨床評価. Quintessence, 14 : 192-197, 1995.
 - 16) 吉浦一紀, 埜 茂生, 河津俊幸, 湯浅賢治, 中山英二, 清水真弓, 徳森謙二, 辰見正人, 神田重信: 歯科用デジタル X 線診断システム「Digora」の臨床評価. Quintessence, 16 : 204-209, 1997.
 - 17) Quirynen M, Callens A, Steenbergh D, Nys M: Clinical evaluation of a constant force electronic probe. J Periodontol, 64 : 35-39, 1993.
 - 18) Magnusson I, Fuller WW, Heins PJ, Rau CF, Gibbs CH, Marks RG, Clark WB: Correlation between electronic and visual reading of pocket depths with a newly developed constant force probe. J Clin Periodont, 25 : 180-184, 1988.
 - 19) Mullaly BH, Linden GJ: Comparative reproducibility of proximal probing depth using electronic pressure—controlled and hand probing. J Clin Periodont, 21 : 284-288, 1994.
 - 20) Gibbs CH, Hirschfeld JW, Lee JG, Low SB, Magnusson I, Thousand RR, Yerneni P, Clark WB: Description and clinical evaluation of a new computerized periodontal probe. J Clin Periodont, 15 : 137-144, 1988.
 - 21) Osborn J, Stoltenbrg J, Huso B, Aeppli D, Pihlstrom B: Comparison of measurement variability using a standard and constant force periodontal probe. J Periodontol, 61 : 497-503, 1990.
 - 22) Kalkwarf KL, Kaldahl WB, Patil KD: Comparison of manual and pressure-controlled periodontal probing. J Periodontol, 57 : 467-471, 1986.
 - 23) Jannsen PTM, Faber JAJ, van Palenstein Helderman WH: Non-Gaussian distribution of differences between duplicate probing depth measurements. J Clin Periodont, 14 : 345-349, 1987.
 - 24) Jannsen PTM, Faber JAJ, van Palenstein Helderman WH: Effect of probing depth and bleeding tendency on the reproducibility of probing depth measurements. J Clin Periodont, 15 : 565-568, 1988.