初期歯周炎におけるX線写真の視覚的評価基準について

第1報 歯槽骨頂部の粗造化について

三 辺 正 人 植 松 厚 夫 友 松 栄 子
 田 村 利 之 早 瀬 一 雄 小田原 國 俊
 宮 城 功 堀 俊 雄 鹿 島 勇*

神奈川歯科大学保存学第2講座

(主任:堀 俊雄教授)

* 神奈川歯科大学放射線学教室

(指導:東 与光教授)

(昭和61年9月22日受付)

Criteria for Visual Assessment of Early Periodontal Disease on Dental Film

I. Resorption of the Crestal Part of the Alveolar Bone

Masato MINABE, Atsuo UEMATSU, Eiko TOMOMATSU,
 Toshiyuki TAMURA, Kazuo HAYASE, Kunitoshi ODAWARA, Isao MIYAGI,
 Toshio HORI and Isamu KASHIMA

Department of Periodontology, Kanagawa Dental college

(Chief: Prof. Toshio HORI)

*Department of Oral Radiology, Kanagawa Dental college

(Director: Prof. Tomomitsu HIGASHI)

A basic study was made to examine what extent of radiographic changes pertaining to early periodontal disease. The standardized radiography was used to assure geometrically identical radiographs. Artificial bone defects were produced by stages at the proximal bone crest using humane dry mandible. And as to when changes occurring in the bone on dental film can be recognized, visual assessment was made by the use of diagnostic accuracy curve and contrast measurement by means of microdensitometry. A study

was also made as to whether the changes in the edge of the crestal cortical plate and the entire changes in the creastal part of the alveolar bone can be recognized by identifying them visually.

The result showed that contrast of 0.03 was required to identify changes in the crestal part of the alveolar bone visually on dental film. However, it was difficult to discriminate the bony changes which occur in the edge of the crestal cortical plate from those on the lamina dura.

Key words: Early periodontal disease, Geometrically identical radiographs, Visual assessment, The crestal part of the alveolar bone

要旨：X線写真上で、初期歯周炎による骨破壊の開始時期をいつ、どの様に視覚的に認識できるのかについて基礎的検討を行った。すなわち、ヒト乾燥下顎骨を用い、歯間部歯槽骨頂部に人工的骨欠損を段階的に作製し、X線規格格撮影を行った。そして、X線写真上の骨変化について、正答率曲線による視覚的評価とマイクロデンシトメトリーによるコントラスト評価を行った。また、骨頂縁部と歯槽骨皮質骨板全体の変化を視覚的に区別し得るのかについても検討を行った。その結果、X線写真上で歯槽骨頂部の骨変化を視覚的に識別するためには、0.03の濃度差（銅等価値変動率で11%）が必要であった。また、歯槽骨頂縁と歯槽骨皮質骨板全体に生ずる骨変化を区別することは困難であった。

索引用語：初期歯周炎、X線規格写真、視覚的評価、歯槽骨頂部

緒 言

歯周疾患の診断および経過観察に際し、X線写真は主要な役割を果たしている。Worth らは¹⁾、X線写真上の初期骨変化の徴候として、(1) 歯槽骨頂部の粗造化および消失 (2) 歯槽骨頂部における歯根膜腔の拡大 (3) 歯槽骨頂部骨梁の薄化および消失 (4) 歯槽骨頂の高さの変化の4項目を挙げている。なかでも、歯槽骨頂の高さの変化による骨の量的把握は、視覚的には容易で、観察者間の再現性も良好なため、歯周疾患の診断、予後判定に広く利用されている^{2~11)}。しかしながら、歯槽骨頂の高さの変化は、骨破壊の結果生じた骨消失状態を評価しているため、初期歯周炎による骨塩量の変動を正確に促えることはできない²⁾。

これに対し、歯槽骨頂部の粗造化および消失について、X線写真上の濃度変化が、視覚的にどの程度認識されるのかについて、定量的に検討した報告は少ない^{12~14)}。そこで、我々は、視覚的に骨破壊の開始時期をいつ、どの程度認識できるのかについて基礎的検討を行った。

材料および方法

X線写真上で歯槽骨頂部骨変化が視覚的にどの程度認識されるのかを明確にするために第1に、骨変化の検出に対する正答率を求めた。そして、視覚的に骨変化を認識した時のコントラスト値とそれに相応する銅等価値をマイクロデンシトメトリーにより算出した。また、歯槽骨頂部は、その骨頂縁がバックグラウンドと明瞭なコントラストをなすことが大きな特徴であり、その境界線のボケや形状変化は視覚的にエッジコントラストとして認識される。そこで、第2に骨頂部骨変化を評価する場合、骨頂縁の変化すなわちエッジコントラストの変化を、骨頂部皮質骨板全体の変化すなわち、オーバーオールコントラストの変化と区別して認識でき得るのかについ

て検討を行った。この際、像描出がエッジコントラストに依存する Dental xeroradiography (Dental xero.) を比較検討として使用した。

1. X線像の作製方法

被写体として、ヒト乾燥下顎骨を使用し、歯科用ラウンドバーを用いて、第1、第2大臼歯歯間部歯槽骨頂部に深さ1mm、頬舌幅0.5mmの骨欠損を作製した。そして、頬舌幅5mmになるまで、10段階(D₀~D₁₀)に骨欠損を作製し、その度、X線規格撮影を行った(図1)。

実験には、X線写真上で、歯槽硬線が明瞭に認められる歯槽骨頂部6部位を用いた。また、骨欠損作製時には、

SIEMENS HELIODENT (70kVp, 7mA)
Dental film : 0.64s
Dental xero : 0.32s

図1 骨欠損作製方法(上図)およびX線撮影条件と撮影方法(下図)

図 2 Microdensitometry によるコントラスト測定方法

頬舌側の皮質骨は除去しなかった。

X線撮影装置は、シーメンスヘリオデント 70 を使用し、管電圧 70 kVp、管電流 7 mA、照射時間は、Dental film 0.64 sec, Dental xero. 0.32 sec で撮影を行った。照射時間の決定は、歯槽骨頂部を最も鮮明に描出していると思われる画像の条件とした。また、フィルム焦点間距離は 42.5 cm に設定し、Image Receptor として、Kodak ultra speed dental x-ray film DF-57 と、Xerox 110 system (Fuji xerox 社製) の plate を使用した。Dental film の現像は、レンドール® 20°C, 4 分、定着は、レンフィックス® 20°C, 5 分で行い、流水下で 30 分水洗後、通風下で自然乾燥を行った。また、Dental xero. については、Xeroradiographic processor (Xerox 110 system) を用いた。

2. X線像の評価方法

1) 視覚的評価方法 (正答率曲線による評価)

得られた Dental film, Dental xero. それぞれを 2 枚 1 組にしてマウントした。すなわち左側には、基準画像 (骨欠損のない画像) を右側には、骨欠損のない画像 (Do) と骨欠損のある画像 ($D_1 \sim D_{10}$) を半数づつランダムにマウントした。マウント数は、Dental film, Dental xero. 各々 20 組で 6 部位の合計 120 組づつであった。

次に、ランダムに配列したマウントを 10 名の観察者 (歯周病医局員) に提示した。この際、左の基準画像に対する右の評価画像の骨頂部透過像の有無について、(1) 確かに有る。(2) 多分有る。(3) どちらかといえば有る。(4) どちらかといえば無い。(5) 多分無い。(6) 確かに無

い。の 6 通りの判定基準に従い回答させた。尚、観察時には、観察者と画像の距離、観察部位の照度は可及的に一定に保った。そして回答結果について、(1)~(3) を「有る。」(4)~(6) を「無い。」として骨変化の有無を正しく答えた割合、すなわち True positive および Negative fruction を正答率として算出した。

2) 物理的評価法 (マイクロデンシトメトリーによる評価)

Dental film と Dental xero. の画像上で、両隣在歯の Cement-Enamel 境を結ぶ線の中央から、歯槽骨中央を通るように、マイクロデンシトメーター (サクラ PDM-5 BR) を使用し、Dental film は透過光で、Dental xero. は反射光で濃度測定を行った (図 2)。走査条件は、アパチャーサイズの高さ 1,000 μ 幅 50 μ 、サンプリングスピード 0.1 mm/sec とした。同一部位を撮影した残りの画像については、鈴木の方法¹⁵⁾に従い、シャカステン上で、歯根膜腔や骨梁を最初の画像と一致させるように重ねあわせ、走査の起始部と終止部を印記した。Dental film の濃度測定は、走査して得られた記録紙上の濃度波形について骨頂部骨欠損領域に相当する部位の濃度を一定距離間隔で 10 ヲ所測定し、その平均濃度を求めた。濃度の較正には、0.02 mm から 0.26 mm までの 10 段階の厚みを有する Cu-Step (ニックス社製) を使用した。一方、Dental xero. の濃度測定は、Dental film と同じく骨欠損部位に相当して得られた濃度波形より edge 部の積分値を、edge contrast の定量評価に用いられている二回積分の方法を用いて算出した¹⁶⁾。

結 果

1. X線写真上で、視覚的に認識可能な歯槽骨頂部の濃度変化について

図3は、骨欠損作製前 (D_0), D_1 , D_3 , D_5 , D_7 , D_{10} の各段階における骨頂部の状態を示した一例である。

図4に、骨頂部骨変化について、視覚評価を行い得られた正答率曲線の一例を示す。縦軸は、正答率、横軸は、

図3 骨欠損作製前 (D_0), D_1 , D_3 , D_5 , D_7 , D_{10} の骨頂部を示す

図4 骨頂部の視覚評価により得られた正答率曲線

骨欠損の大きさをあらわしている。この例では、骨欠損の大きさ4の時に、濃度変化を視覚的に認識できる正答率80%を示した。

図5は、各骨欠損におけるX線写真上の濃度変化と銅等価値の変化を示す。濃度値は、骨欠損の無い時が0.81, 骨欠損の大きさ D_4 の時が0.83であった。以上の結果より視覚的に骨変化を認識するのに必要なコントラストは0.02であることが解った。また、銅等価値は1.05から0.93と約11%の変動率を示した。

表1は、歯槽骨頂部6部位のX線写真上の濃度変化と銅等価値の変動率を示している。骨欠損の無い時の濃度を D_0 , TPF 80% の時の濃度を D_x , 両者のコントラストを $D_0 - D_x$ で示している。() 内Sは、銅等価値とその変動率を示す。視覚的に認識可能な骨変化は、コントラスト値で0.03, 銅等価値の変動率で約11%である事が解った。

尚、誤差測定として、骨欠損作製前の同一被写体について、経時的に5回X線撮影を行い得られたX線写真の濃度測定および銅等価値変換を行った。その結果、濃度で0.01, 銅等価値で約3%の変動が認められた。

2. 骨頂縁の視覚的認識能について

図6は、骨欠損作製前 (D_0) と骨欠損の大きさが10段階目 (D_{10}) の時のDental film と、Dental xero. の各画像を示す。

図7は、歯槽骨頂部のコントラスト変化を示したもので、実線がDental film, 破線がDental xero. を示す。Dental xero. の方が骨欠損が大きくなるに従い、急激な

図5 骨頂部の濃度変化(上図)と銅等価値の変化(下図)

コントラストの変化が認められた。

図8abは、視覚的にX線写真上で、骨頂縁の変化をどの程度認識し得るかについて評価した結果を示す。図8aは、骨頂部の観察において、観察者に特に指示を与えなかった場合で、図8bは、骨頂縁に注目させた場合を示す。TPF 80% 値では、骨頂縁の変化に注目させることによって、Dental xero. では、 D_4 から D_2 へと視覚的認識能は上昇するが、Dental film では、 D_4 から D_5 へと、逆に低下することが解った。

考 察

X線写真上において認められる歯槽骨頂部の粗造化は、初期歯周炎の診断において重要な徴候の一つである¹⁾。従来、歯周疾患のX線診断においては、視覚的に歯槽骨頂の高さを評価する方法が、観察者の正確な診断を可能にするとされている^{2,7)}。Ortman⁸⁾ らは、歯槽骨

表1 骨頂部6部位の濃度変化と銅等価値の変動率

No.	Do (So)	Dx (Sx)	Do-Dx ($\frac{So-Sx}{So} \times 100$)
1	0.81 (1.05)	0.83 (0.93)	0.02 (11%)
2	0.78 (1.27)	0.81 (1.13)	0.03 (11%)
3	0.80 (1.23)	0.82 (1.18)	0.02 (4%)
4	0.83 (1.16)	0.86 (1.06)	0.03 (9%)
5	0.84 (1.25)	0.87 (1.09)	0.03 (13%)
6	0.88 (1.18)	0.84 (1.01)	0.04 (15%)
Mean±SD			0.03±0.01 (11±4%)

誤差範囲 D=0.90±0.01
S=0.90±0.03

図6 骨欠損の大きさ D_0 と D_{10} の時の Dental film と Dental xero. の画像

頂の高さの視覚評価においては、歯槽骨頂下の濃度変化を表現できないために、初期の骨喪失すなわち、骨塩量の喪失が30%以下の場合には、歯槽骨頂の高さが過小評

図 7 歯槽骨頂部の Dental film と Dental xero. のコントラスト変化

価されることを指摘している。また、Vogt¹⁷⁾ らは、X線写真上では25%以上の濃度変化を生じないと、視覚的にその量的把握は困難であることを報告している。しかしながら、これらの報告は、歯槽骨の高さの基準すなわち、高さの変化を、歯槽骨皮質骨板の消失として促えたのか、あるいは、骨頂部歯根膜腔隙の拡大として促えたのかについては、統一がなされていない。さらに、骨頂部の粗造化は、骨頂の高さの変化よりも先に生ずる現象であり³⁾、それにより生ずるX線写真上の濃度変化の有無を評価基準とした場合、骨変化の視覚的認識能に差異が生ずると考えられる。そこで、X線写真上で、骨頂部皮質骨板の粗造化が、視覚的にいつ、どの程度認識できるのかについて、乾燥下顎骨を用いた歯周炎モデルを作製し、X線写真上の濃度変化と視覚的認識能の関連性を検討した。

今回、歯周炎モデルを用いて行った実験結果は、視覚的に認識可能なコントラスト値が0.03、銅等価値の変動率で約11%と、従来の報告に比べて、きわめて小さな値を示した。

Gröndahl¹⁸⁾ らは、視覚的評価は、病巣の大きさ、形状、濃度、解剖学的構造に影響されることを報告している。これに関して、塩島は乾燥下顎骨を用いた根尖病巣のモデル実験において、X線透過像と主観的な検出能の関係が透過像の形状、基地濃度、背景の均一性によりどのように変化するかについて検討を行っている¹⁹⁾。それによると、透過像の大きさは、形状が、円の場合、直径3mmをこえると検出能は、透過像の大きさに左右されないが、同一の検出能を得るのに、直径1mmの場合は、3mmと比較して、2倍のコントラストが必要であると述べている。また、基地濃度は低いほど、認識可能な最小コントラストは小さくなるとしている。

米良²⁰⁾ らは、我々が今回行ったのと同様な歯周炎モデルの実験で、80%のTPFを得るのにX線像で約0.11の濃度差が必要であったと報告している。骨欠損の大きさについては、今回の実験が、深さ1mmなのに対し、2mmと大きく、また基地濃度は骨欠損のない標準画像の場合、今回の実験が0.82に対し0.67と低く、いずれも、今回の実験の視覚的認識能が高かったことは矛盾

図 8a 骨頂部の視覚評価（観察者に対し特に指示を与えなかった場合）

図 8b 骨頂部の視覚評価（観察者に対し骨頂縁に注目させた場合）

している。

一方、像の背景の均一性については、歯槽骨頂部は、その解剖学的構造により、バックグラウンドと歯槽硬線を境にして、明瞭なコントラストをなし、また、歯槽硬線部は、均一な不透過性部分として描出される。すなわち、(1) 病巣部の背景を構成している構造のコントラストと最小検出能は正の相関がある¹⁹⁾。(2) 病巣部をX線学

的に明瞭に把握できるか否かは、病変内外の濃度差と、病変周囲の濃度の不安定さの比で表現される²¹⁾。(3) 一般的に、像の背景が均一であれば、人間の目は、0.01の濃度差をも識別できる²²⁾。などの報告を考慮すれば、今回視覚的認識能が高かった理由としては、X線学的に歯槽硬線の明瞭な下顎骨を用いたことと、作製した骨欠損が歯槽硬線部の均一な不透過性部分に局限したために、

骨欠損を認識しやすかったものと考えられる。

今回用いた歯周炎モデルは、人工的骨欠損を作製したものであり、初期歯周炎において生ずる骨塩の溶出現象を再現したものではない。従って、実際に生ずる骨変化のイメージとは若干異なるものと考えられる²³⁾。特に、骨欠損外形が明瞭に描出される為に、視覚的に骨変化を認識しやすかったことが考えられる。しかしながら、実験的に骨頂部に限局した脱灰現象を生じさせ、なおかつ、その脱灰量を定量化することは困難である。太田は¹⁴⁾、歯周炎の初期徴候として、歯槽硬線の変化の有無が重要であるとし、実験的脱灰による歯槽硬線認識可能域を視覚的に判定している。しかし、歯槽骨頂部と骨体部を含めて顎骨全体に脱灰が生じているため、実際の骨変化を忠実に再現しているとはいえない。また、臨床上、骨頂部透過像の存在によるコントラスト変化には、軟組織の存在も大きく影響する^{15, 24)}。千葉は²⁵⁾、軟組織の付着した骨のミネラル量は、軟組織を除去乾燥した骨ミネラル量より約10%少ないことをDual energy法を使用して証明している。今後、より臨床に相応した実験系により視覚的認識能を評価する必要があると思われる。さらに、今回行った実験においては、骨頂縁部の変化をX線フィルム上で、視覚的に認識することは困難であった。この事は、コントラスト測定において、Dental xero. が、バックグラウンドと骨頂部の境界である骨頂縁部の濃度変化をエッジコントラストとして強調するのに対し、Dental film では、骨頂縁部の濃度変化を骨頂部全体の濃度変化と区別することは困難であることが示唆された。すなわち、Dental film では、病変の存在によるX線透過像をオーバーオールコントラストとして視覚的に認識していることから、骨頂部粗造化の状態を、骨頂縁部の変化と骨頂部全体の変化に分けて、判定評価することは、不可能と考えられる。しかしながら、この問題については、バーンアウト現象を可及的に防止するための撮影条件についての検討やX線写真の拡大などのルーチンな補助的観察手段を用いた評価についての検討が必要と思われる。今後は、X線写真を用いた初期歯周炎の視覚評価についての基礎的検討として、骨頂部の粗造化に引き続いて生ずる骨の高さの減少、あるいは、それに至るまでの骨塩量の変動と、視覚的認識能の相関性について検討する必要がある。

結 論

初期歯周炎により生ずる歯槽骨頂部の粗造化が、視覚

的にいつ、どの程度認識されるかを知る目的で以下の実験を行った。

ヒト乾燥下顎骨を使用し、歯間部歯槽骨頂部に人工的骨欠損を段階的に作製し、X線規格撮影を行った。そして、得られたX線写真上の骨頂部骨変化について、視覚的評価としては、正答率曲線を使用し、また、物理的評価としては、コントラスト測定を行った。更に、骨頂縁部の変化と骨頂部皮質骨板全体、すなわち、X線写真上の歯槽硬線の変化を区別して認識し得るか否かについても検討を行い以下の結論を得た。

1. X線写真上で、歯槽骨頂部の骨変化を視覚的に識別するためには、0.03の濃度差(銅等価値変動率で約11%)が必要であった。
2. X線写真による視覚評価に於いては、歯槽骨頂部全体と歯槽骨頂縁部に生ずる骨変化を区別することは困難であった。

謝 辞

本研究の遂行に際し、御指導、御教示を頂きました神奈川歯科大学放射線学教室、関野政則技師長に深く感謝致します。

文 献

- 1) Worth, H.M. : Principles and practice of oral radiologic interpretation, Year Book Medical Publishers Inc., Chicago, Ill, 1963.
- 2) Bjorn, H., Halling, A., Thyberg, H. : radiographic assessment of marginal bone loss. Odontol Revy, 20 : 165-179, 1969.
- 3) Stoner, J.E. : An investigation into the accuracy of measurements made on radiographs of the alveolar crests of dried mandibles. J. Periodontol., 43 : 699-701, 1972.
- 4) Rosling, B., Hollender, L., Nyman, S. and Olsson, G. : A radiographic method for assessing changes in alveolar bone height following periodontal therapy. J. Clin. Periodontol., 2 : 211-217, 1975.
- 5) 石原彰恭, 松尾良平, 大杉光修, 芳賀健輔, 石川烈, 木下四郎 : 歯周外科処置後の経過の臨床的研究—特に規格レントゲン写真による歯槽骨の変化を中心として—. 日歯周誌, 21 : 85-92, 1979.
- 6) Albandar, J.M., Rise, J., Gjermo, P. and Iohansen, J.R. : Radiographic quantification of al-

- veolar bone level changes. A 2-year longitudinal study in man. *J. Clini. Periodontol.*, 13 : 195-200, 1986.
- 7) Suomi, J.D., West, T.D., Chang, J.J., and McClendon, B.J. : The effect of controlled oral hygiene procedures on the progression of periodontal disease in adults : Radiographic findings. *J. Periodontol.*, 42 : 562-564, 1971.
 - 8) Ortman, L.F., Mchenry, K., Hausmanm, E. : Relationship between alveolar bone mesured by I absorptiometry with analysis of standardized radiographs. 2, Bjorn Technique. *J. Periodontol.*, 53 : 311-314, 1982.
 - 9) 折笠広樹 : 歯周処置後の経過観察に関する研究 (とくに臨床所見と歯槽骨の変化を中心に). *日歯周誌*, 22 : 216-229, 1980.
 - 10) Russell, A.L. : The periodontal index. *J. Periodontol.*, 37 : 585, 1967.
 - 11) Dunning, J.M. : Gingival-bone count : A method for epidemiological study of periodontal disease., *J. Dent. Res.*, 39 : 506, 1960.
 - 12) Ainamo, J., Tammsalo, E.H. : comparison of radiographic and clinical signs of early periodontal disease. *Scand. J. dent. Res.*, 81 : 548-552, 1973.
 - 13) Mann, J., Pettigrew, J., Beideman, R., Green, P. and Ship, I. : Investigation of the relationship between clinically detected loss of attachment and radiographic changes in early periodontal disease. *J. Clini. Periodontol.*, 12 : 247-253, 1985.
 - 14) 太田勝之 : ヒトの下顎骨における実験的脱灰率とX線写真濃度との対比に関する研究補遺. *日歯周誌*, 13 : 1-14, 1971.
 - 15) 鈴木裕平 : X線透過度よりみた歯石除去後の歯槽骨変化. *日歯周誌*, 25 : 667-687, 1983.
 - 16) 田村利之, 古郷辰二, 友松栄子, 児玉利明, 菅谷彰, 三辺正人, 堀 俊雄, 鹿島勇一, 関野政則, 東 与光 : Dental xeroradiography の保存領域への応用—現像用電極電圧と edge contrast および over all contrast との関係について—. *神歯学*, 20 : 83, 1986.
 - 17) Vogt, F.B., Meharg, L.S. and Mack, P.B. : Use of digital computer in the mesurement of roentgerographic bone density. *Am. J. Roentgerol.*, 105 : 870-876, 1969.
 - 18) Grondahl, H.G., Grodahl, K. : Subtraction radiography forthe diagnosis of periodontal bone lesions. *Oral Surg.*, 55 : 208-213, 1983.
 - 19) 塩島 勝 : X線透過像における写真コントラストと検出能の関係. *愛院大誌*, 16 : 87-102, 1978.
 - 20) 末良豊常, 岡野友宏, 村岡宜明, 石川 烈, 中村正, 木下四郎 : 光学的サブトラクション法による歯槽骨頂部の骨変化の検出. *日歯周誌*, 25 : 908-918, 1983.
 - 21) Kundel, H.L., Revesz, G. : Lesion conspicuity, structured noise and film reader error. *Am. J. Roentogenol.*, 126 : 1233-1238, 1976.
 - 22) Blackwell : Contrast thresholds of the human eye. *J. Opt. Soc. Am.*, 36 : 624-643, 1946.
 - 23) Hausmamm, E., Christersson, L. Dunford, R., Wikesjo, U., Phyto, J. and geoco, R.J. : Usefulness of subtraction radiography in the evaluation of periodontal therapy. *J. Periodontol.*, SPECIAL ISSUE : 4-7, 1985.
 - 24) 石原彰恭 : X線検査による歯槽骨の客観的評価について軟組織の画質に及ぼす影響. *口病誌*, 43 : 279-291, 1976.
 - 25) 千葉正春 : X線写真による骨ミネラル定量化の基礎的研究. —Dual energy radiographic densitometry による 検索—. *歯学*, 68 : 365-377, 1980.