Xeroradiography 所見における歯槽骨レベルの信頼性

野 田 美由紀

朝日大学大学院歯学研究科歯周病学専攻

(指導: 岩山幸雄教授)

(平成元年 3 月 20 日 受付)

The Confidence Region of Alveolar Bone Level on Xeroradiography

Miyuki NODA

Asahi University School of Dentistry

Department of Periodontology

(Director: Prof. Yukio IWAYAMA)

Dental radiographs can be important for examination, evaluation and diagnosis of periodontal disease, and they have been widely used by dentists. However, discrepancies between radiographs and existing clinical periodontal tissue have been found.

The purpose of this study was to investigate the relationship between the existing alveolar bone level on a Xeroradiograph and the root surface area covered with a periodontal ligament.

Alveolar bone blocks from human skulls (total 34 teeth) and 60 patients (total 165 teeth) were used for this study.

Each human skull bone block was taken Xeroradiograph under three types of conditions. 165 teeth from patients with severe periodontal disease were taken Xeroradiograph by a parallel method.

The following equation was used for measuring the teeth on the Xeroradiograph.

$$\alpha = \frac{\text{Root area supporting the existing alveolar bone}}{\text{Root area from periapical to C-E junction}} \times 100$$

The root surface area of each of the teeth extracted from bone blocks and of the extracted teeth from patients were measured by the membrane technique and calculated as follows:

$$\beta = \frac{\text{Root surface area covered with periodontal ligament}}{\text{Root surface area}} \times 100$$

There was no significant difference in equation α calculated on three types of Xeroradiographs in the human skull.

Significant positive correlations between α and β were obtained, and an empirical regression line was constructed to estimate the ratio of the root surface area covered with periodontal ligament from the existing alveolar bone level on the Xeroradiograph.

The results suggest that the ratio of the area of periodontal ligament to the root surface area given by these methods provides useful data for examination, diagnosis and evaluation of periodontal disease.

Key words: Alveolar bone level, Root surface area, Periodontal ligament

要旨: 本研究はX線写真上の残存歯槽骨レベルと、実際歯根に付着している歯根膜面積の関係を明らかにし、X線写真像から根表面に付着した歯根膜線維付着部面積を推測する可能性を検討するために、実験を行った。

実験には human skull より合計 34 歯を、そして重度歯周疾患に罹患していると診断された患者 60 人 (165 歯) を

対象とした。各々 Xeroradiograph 撮影を行い、そして Xeroradiograph 上での残存歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値を求めた。

抜去した歯より、実際歯根表面に付着していた歯根膜線維の割合を表す β 値を求めた。 α 値と β 値を検討した結果、Xeroradiograph 上の歯槽骨におおわれた歯根面積の割合 (α 値) と、実際歯根表面に付着した歯根膜線維付着部面積の割合 (β 値) の間には、高い相関関係が存在し、 α 値より β 値を算出する信頼性の高い回帰方程式が求められた。

索引用語：歯槽骨レベル、歯根表面積、歯根膜線維

緒 言

口腔内 X 線写真による診査は歯周疾患の診断、評価を行うのに必要不可欠な手段であり、歯科臨床において頻繁に利用されている。しかし、X 線写真所見と実像の間には差があると言われており、基礎的ならびに臨床的に両者間の関係や信頼性を詳細に報告したものは多い。

基礎的実験の報告としては、X 線フィルム上に描出された骨欠損の範囲を明確にするために、dry skull に実験的に作った骨欠損と同部位の X 線写真像との比較研究^{1~9)}、骨量の測定の研究^{10~16)}、抜去歯を用いて仮想の骨欠損に対する歯根膜線維付着部面積についての報告^{17~21)}がなされている。

また、臨床的には、X 線写真上の歯槽骨レベルを、ゲージを用いて評価する方法^{10, 22~24)}、同一部位の経時的評価を行うサブトラクション法について、それらの信頼性や有用性に関する報告^{25~34)}がなされている。

しかし、二次元的な X 線写真所見と三次元的な歯根表面積との関係についての報告は少ない。Jepsen³⁵⁾ は抜去歯を厳密な平行法にて撮影を行い、その X 線写真上で歯冠幅径を計測し、それを基にその歯の歯根表面積を推測する方程式を求めた。また、Jeffcoat ら³⁶⁾ はイヌ下顎骨の平行法撮影による X 線写真を用いて残存歯槽骨の評価方法を検討した結果、歯槽骨の高さを距離で表すよりも、X 線写真上の歯槽骨におおわれた歯根面積で評価したほうが信頼性が高いと報告した。しかし、いずれの報告も *in vitro* の実験であり、ヒト口腔内での臨床的有用性を示したものではない。

歯周疾患における歯槽骨吸収の形態は複雑であり、複根歯においては分岐部が存在するため更に複雑となる。また、X 線写真には何ら歯槽骨レベルの情報に関する数値の記載もなく、扱う人の知識、経験等に大きく左右されることも事実である。

従って、X 線写真を用いた所見の信頼性ならびに歯槽骨レベルとの相関性の多角的検討が必要となり、X 線写

真を用いた臨床的な歯周疾患の診断、評価が、より合理的で科学的なものとなると考えられる。

本研究は X 線写真上の残存歯槽骨レベルと、実際歯根に付着している歯根膜面積の関係を明らかにし、X 線写真像から根表面に付着した歯根膜線維付着部面積を推測する可能性を検討するために、以下の実験を行った。

材料と方法

実験には human skull より上顎歯槽骨ブロック 10 (19 歯)、下顎歯槽骨ブロック 4 (15 歯)、合計 34 歯を、そして昭和 61 年 12 月から昭和 63 年 1 月までに、朝日大学歯学部付属病院歯周病科を受診し、重度歯周疾患に罹患していると診断された患者 60 人 (165 歯) を対象とした。

重度歯周疾患患者で、歯周治療を継続中、保存不可能と診断され、抜去された歯 (94 歯) を抜去歯とし、保存的処置を行った未抜去歯 (71 歯) を境界歯とした。

6 点法による各部位の probing depth が 2 mm 以下、出血部位が 1 ヶ所以下で、歯冠修復されておらず、過去に歯周治療を受けたことのない歯をコントロール (150 歯) とし、臨床的健康者 (ボランティア) 10 人の協力を得た。

歯周ポケットとの関連性をも調べるため、6 点法により測定された probing depth の総和を PD 値として統計処理した。

★Xeroradiograph の撮影条件

Xerox 110 system® を使用し、X 線照射機は CORO-NIS DFW-20® (朝日レントゲン工業株式会社製) を用い、60 kVp, 10 mA で Xeroradiography (以下 Xerox とする) の照射標準時間 0.32 (前歯) ~ 0.80 (臼歯) 秒で照射を行った (図 1)。

Human skull の歯槽骨ブロックは撮影角度による歪み、拡大などについての相違を調べるため、3 type (図 2) でそれぞれの歯を撮影した。

Type I : 歯軸とフィルムは平行

図 1 Xeroradiograph と Dental film

左 : Xeroradiograph

右 : Dental film

図 2 Xerox 撮影の 3 type

Type II : 歯軸は歯冠部でフィルムと 30 度の角をなす

Type III : 歯軸は根尖部でフィルムと 30 度の角をなす
ヒト口腔内の Xerox 撮影時には、平行投影法を用い、セレン板および、それをおおうハードカバーはディスポーザブルでないため、その上を 3×4 cm のビニール袋(サニタリーカバー®)で包み、Xerox 撮影を行った。サニタリーカバーはディスポーザブルで感染防止とセレン板への唾液の侵入防止のために使用した。

★ 撮影後のセレン板の処理

セレン板は Xerox 110 system® を用いて Xeroradiograph を作成した。

★ Xerox 上での歯根面積計測方法

Xerox 上での残存歯槽骨におおわれた歯根面積の割合

を表す α 値を求めた。

撮影された Xerox 上で、画像解析装置(ジョイス・レーブル社、マジスキャン 2)を用いて、残存歯槽骨でおおわれた歯根面積と、セメント-エナメル境(以下 C-E 境とする)から根尖までの歯根面積(図 3)を 3 回ずつ測定し、その平均値を次式に代入した。

$$\alpha = \frac{\text{残存歯槽骨でおおわれた歯根面積}}{\text{C-E 境から根尖までの歯根面積}} \times 100\%$$

なお、歯槽骨吸収が複雑で Xerox 上の歯槽骨辺縁のラインが頬側、舌側にそれぞれ示された場合は骨吸収程度の大きい線を選択した。

C-E 境は歯冠部の近心と遠心の C-E 境を直線で結ぶ線分とした。

図 3 Xeroradiograph 上での測定面積部

Xeroradiography 撮影

↓
 抜歯
 ↓
 メチレンブルーで根面付着線維を染色
 ↓
 境界をダイヤモンドポイントで marking
 ↓
 根面を滑沢にする
 ↓
 界面活性剤塗布
 ↓
 酢酸ビニル塗布（2回、30分間隔） 一昼夜放置
 ↓
 シアノアクリレート塗布 一昼夜放置
 ↓
 剝離（切開線は舌側より入れる）
 ↓
 ケント紙上で広げる
 （曲線を補正する切開線は適時に入れる）
 ↓
 面積を測定

図 4 歯根表面積と歯根膜線維付着部面積の計測方法

★歯根表面積と歯根膜線維付着部面積の計測方法

実際の歯根膜線維付着部面積と歯根表面積の計測は、小田ら¹⁷⁾のメンブランテクニックに従った（図 4）。

歯槽骨ブロックより抜去された歯および重度歯周疾患に罹患した抜去歯は、歯根面付着線維をメチレンブルーにて染色し³⁷⁾、染色部の境界をダイヤモンドポイントでマーキングした。その後、超音波スケーラーおよびハンドスケーラーを用いて根面を滑沢にし、C-E 境を鉛筆でマーキングした。

その歯の根面に界面活性剤を塗布、乾燥後に酢酸ビニルを 30 分間隔で 2 回塗布し、一昼夜放置後、シアノアクリレートを塗布して酢酸ビニル膜を固定した。

その後、根面より酢酸ビニル膜を剝離するときは替刀メス（尖刀）を用い、ダイヤモンドポイントでマーキングされたラインにそって割線を入れ、ついで舌側に縦切開線を入れて、膜を丁寧に剝離した。

上部＋下部＝歯根表面積
 下部＝歯根膜線維付着部面積
 図 5 画像解析装置で測定中の酢酸ビニル膜

表 1 Human skull より用いた歯種

上顎歯数	歯種	下顎歯数
4	中切歯	2
3	側切歯	3
6	犬歯	3
2	第一小臼歯	3
3	第二小臼歯	3
1	第一大臼歯	0
1	第二大臼歯	0
小計	20	14
合計 34 歯		

剝離された膜は、曲面を平面に展開するために、適時に切開線を入れてケント紙上で広げた（図 5）。

これらの試料を、画像解析装置で歯根膜線維付着部面積と歯根表面積を 3 回ずつ測定し、それらの平均を

$$\beta = \frac{\text{歯根膜線維付着部面積}}{\text{歯根表面積}} \times 100\%$$

に代入し、実際歯根表面に付着していた歯根膜線維の割合を表す β 値を求めた。

★統計処理方法

Human skull において、3 種の撮影 type より得た α 値の検定にはノンパラメトリックテスト (Mann-Whitney test) を用いた。

α 値と β 値の関係を調べるために、最小二乗法にて回帰方程式を求め、t-test により検定を行った。

また、 α 値と PD 値の比較検討時には Mann-Whitney test を用いた。

表 2 Human skull の上顎より得られた計測値

上顎部位	β 値 実測より得た 歯根膜線付着 部面積の割合	α 値 Xerox 上で計測された歯根面積の割合		
		Type I	Type II	Type III
3	62.2	48.0	38.6	41.6
4	53.8	30.4	21.3	33.9
5	63.6	43.1	67.3	39.7
2	75.4	64.4	67.6	54.8
3	68.6	72.3	78.2	62.6
5	73.5	76.6	87.1	61.9
1	54.8	51.2	61.6	48.7
3	69.4	66.3	82.0	54.8
1	52.5	54.5	64.4	49.5
3	68.0	60.8	74.3	67.0
6	48.3	53.2	46.1	45.2
8	61.2	31.4	66.1	53.0
1	70.3	54.5	39.9	45.6
2	74.0	52.5	49.4	45.2
3	85.9	65.4	56.5	69.0
1	54.0	24.5	38.4	23.2
2	68.7	39.6	40.8	40.0
3	75.7	53.3	53.0	60.2
4	59.1	63.9	64.1	65.2
5	67.7	61.8	72.3	50.7

	Type I	Type II	Type III
Type I		NS	NS
Type II			NS
Type III			

Mann-Whitney test $p < 0.05$

上顎における Xerox の type 別による α 値の関係

結 果

Human skull からは上顎および下顎の各歯（表 1）における Type I, Type II, Type III の Xerox 上より計測された α 値と、歯槽骨ブロックより歯を抜去し、メンブランテクニックにより、実際歯根に付着していた歯根膜線維付着部面積を表す β 値が得られた（表 2, 3）。

上顎、下顎とも Type I, Type II, Type III の Xerox 上より求められた α 値の間にはそれぞれ、 $p < 0.05$ で有意な差はみられず、 α 値は撮影方法により大きく左右されないことが示された。

重度歯周疾患に罹患しており、保存不可能と診断され、抜去された歯は 95 歯であり、その抜去歯中には歯

頸部カリエス、歯冠崩壊により、歯根表面積の測定不可能な歯もあり、実際に計測値を得られたのは 94 歯中 52 歯であった（表 4）。

保存的処置を行った境界歯は 71 歯であった（表 5）。

抜去歯における Xerox 上の歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値、実際歯根に付着していた歯根膜線維付着部面積の割合を表す β 値と PD 値を計測した結果、 α 値と β 値は小さい値を、PD 値は大きな値を示した（表 6）。

α 値と β 値との関係を調べるため、 β 値の計測できる human skull と抜去歯を用いて検討した結果（表 7）、 α 値と β 値との間には高い相関が認められ（ $r = 0.69 \sim 0.97$, $p < 0.01$ ）、また、 α 値より β 値を求める回帰方程式も得られた（図 6, 7）。

表 3 Human skull の上顎より得られた計測値

下顎部位	β 値 実測より得た 歯根膜線付着 部面積の割合	α 値 Xerox 上で計測された歯根面積の割合		
		Type I	Type II	Type III
1	71.7	60.7	68.4	54.7
2	53.8	66.0	70.9	55.9
3	84.0	63.4	70.2	65.3
4	68.0	60.5	67.4	46.5
5	75.5	66.6	71.6	57.0
2	55.1	47.6	51.8	38.7
3	62.2	44.4	44.1	47.1
4	53.7	44.3	55.4	38.5
1	67.3	69.6	54.4	76.6
2	64.3	58.1	55.0	57.2
3	77.4	70.1	63.2	74.4
4	74.9	70.6	74.9	69.8
5	72.9	67.0	71.0	65.2
6	59.6	64.2	75.1	55.1

	Type I	Type II	Type III
Type I		NS	NS
Type II			NS
Type III			

Mann-Whitney test $p < 0.05$

下顎における Xerox の type 別による α 値の関係

表 4 抜去歯の歯種

上顎歯数	歯種	下顎歯数
6 (11)	中切歯	2 (5)
2 (4)	側切歯	3 (7)
2 (4)	犬歯	1 (1)
3 (7)	第一小臼歯	1 (2)
6 (7)	第二小臼歯	1 (3)
8 (13)	第一大臼歯	4 (5)
7 (13)	第二大臼歯	6 (12)
小計	34 (59)	18 (35)

合計 59 歯 (94 歯)

() 内は実際の抜去歯数

表 5 境界歯の歯種

上顎歯数	歯種	下顎歯数
9	中切歯	17
7	側切歯	14
4	犬歯	3
2	第一小臼歯	2
2	第二小臼歯	2
2	第一大臼歯	3
2	第二大臼歯	2
小計	28	43

合計 71 歯

次に α 値と PD 値の関係を調べた。

コントロールの臨床的正常歯 (図 8, 9), 抜去歯 (図 10, 11) そして境界歯 (図 12, 13) から α 値と PD 値を計測した。

正常歯は上顎, 下顎とも α 値は大きい値を示し, PD 値は小さい値を示した。

上顎抜去歯 (図 10) と上顎境界歯 (図 12) を比較すると, 抜去歯のほうが α 値が小さい値で集合していた。

上顎の抜去歯と境界歯の間には前歯, 臼歯, 全歯の α 値において, 有意に抜去歯のほうが小さい値であることを認めた ($p < 0.01$) (表 8)。

PD 値については, 上顎前歯に有意に抜去歯のほうが

表 6 抜去歯の各部位における α 値, β 値
ならびに probing depth 値

	上顎	下顎
前歯	$\alpha_{n=10}$ 6.9 $\pm$ 3.2 $\beta_{n=9}$ 4.0 $\pm$ 8.5 $PD_{n=10}$ 34.1 $\pm$ 10.2	$\alpha_{n=6}$ 7.1 $\pm$ 3.4 $\beta_{n=6}$ 9.0 $\pm$ 4.5 $PD_{n=6}$ 26.8 $\pm$ 10.4
臼歯	$\alpha_{n=24}$ 9.9 $\pm$ 6.2 $\beta_{n=20}$ 6.7 $\pm$ 9.0 $PD_{n=22}$ 34.0 $\pm$ 8.7	$\alpha_{n=12}$ 6.8 $\pm$ 3.8 $\beta_{n=6}$ 4.2 $\pm$ 6.5 $PD_{n=12}$ 32.4 $\pm$ 7.0
全歯	$\alpha_{n=34}$ 9.0 $\pm$ 5.7 $\beta_{n=29}$ 5.9 $\pm$ 8.9 $PD_{n=32}$ 34.1 $\pm$ 9.8	$\alpha_{n=18}$ 6.9 $\pm$ 3.7 $\beta_{n=12}$ 6.6 $\pm$ 6.1 $PD_{n=18}$ 30.6 $\pm$ 8.7

表 7 Human skull と抜去歯から計測
された α 値と β 値の関係

	相関係数	回帰方程式	相関係数	回帰方程式
上顎	前歯 0.93	$\beta = 1.13 \alpha + 0.4$	前歯 0.96	$\beta = 1.06 \alpha + 2.7$
	臼歯 0.68	$\beta = 1.08 \alpha - 1.8$	臼歯 0.96	$\beta = 1.09 \alpha - 1.0$
	全歯 0.91	$\beta = 1.17 \alpha - 1.6$	全歯 0.97	$\beta = 1.06 \alpha + 0.6$

危険率 $p < 0.01$ で有意

図 6 上顎

小さい値を示し ($p < 0.01$), 臼歯部では境界歯のほうが有意に大きい値を示した ($p < 0.02$)。

下顎抜去歯 (図 11) と下顎境界歯 (図 13) を比較すると, 上顎同様, 抜去歯のほうが α 値が小さい値で集合していた。

下顎においても, 前歯, 臼歯, 全歯の α 値に有意に抜去歯のほうが小さい値であることを認めた ($p < 0.01$) (表 9)。

図 7 下顎

図 6 (上顎), 図 7 (下顎): Xerox 上の歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値と実測の歯根膜線維付着部面積の割合を表す β 値との相関関係

下顎の PD 値については, 前歯は $p < 0.15$ で有意に境界歯のほうが大きく, 臼歯部においては差は認められなかった。

PD 値については, 歯周疾患の進行に伴い大きくなるものの, 保存不可能な抜去歯と保存的処置をとった境界

図 8 上顎

図 9 下顎

図 8, 図 9: コントロールにおける α 値と PD 値の関係

図 10 上顎

図 11 下顎

図 10, 図 11: 抜去歯における α 値と PD 値の関係

図 12 上顎

図 13 下顎

図 12, 図 13: 境界歯における α 値と PD 値の関係

歯の間には顕著な差は認められなかった。

考 察

Xeroradiography の画像は充電されたセレン板をセンサーとして用い、入射 X 線の強さに応じて放電された潜像を基として、電子コピーにより作製されたものであり、明暗部境界が明瞭に表現されるエッジ効果の強い X 線像である³⁸⁻⁴⁹⁾(図 2)。

従来の X 線フィルムを用いた場合は、フィルム上で歯槽骨辺縁部の境界線をトレースして強調し、面積を測定するものであるが、本研究で用いた Xerox ではその強調された歯槽骨辺縁部は画像解析装置を用いることにより、直接、画像解析装置のビデオカメラに取りこまれ、指定部面積を測定することができる。

さらに、X 線照射量が通常デンタルフィルム (D グループフィルム) の $1/2 \sim 2/3$ と少なく^{48,50-51)}、臨床での使用における放射線防護についても有効な方法といえる。

X 線写真を用いての歯槽骨レベルの評価方法について、Brian ら⁵²⁾はヒト口腔内において口翼法と二等分法を用いて X 線撮影を行い、歯槽骨の高さを距離で表した結果、両撮影方法では測定値に差があることを報告している。また、Linden ら⁵³⁾は X 線フィルム上の歯根膜腔の像が歯根の形態、顎骨の厚さ、X 線の照射方向などによって変化し、X 線の入射角により X 線フィルム上の歯槽骨の高さは異なることを報告している。

しかし、本研究の Xerox 上で残存歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値を用いた面積法による評価法においては、X 線入射角度の異なる Xerox の Type I, II, III の X 線像より計測されたそれぞれの α 値の間には、95% の信頼性のもとに差がない結果が得られた。このことよりヒト口腔内では、厳密なる規格撮影を行うのが困難な Xerox において、この面積法の α 値による評価方法は、临床上、歯槽骨レベルを高さの距離で表す方法より適しているのではないかと考えられる。

Jeffcoat ら⁵⁴⁾はイヌ下顎骨の無規格 X 線写真 44 組において、歯槽骨吸収の程度を歯の 3 規定点、すなわち両歯冠部 C-E 境と根尖を測定し、その測定点をコンピューターを用いて行列変換を行い、骨吸収程度を測定し比較検討した結果、X 線フィルム上の誤差 0.55 mm が行列変換することにより 0.15 mm の誤差に押さえることができると報告している。しかし、 α 値を用いた面積法では精度はやや劣るものの、複雑なプログラミングソフトを必要とせず、臨床応用においてはより有効な方法と

思われる。

規格 X 線写真を用いての経時的な同部位の歯槽骨レベルの評価法にサブトラクション法があり、これは強調された辺縁効果を期待したものである。

さらに数値化を行ったデジタルサブトラクションも報告されている²⁸⁾が、この方法は繁雑である。本研究での α 値を用いた面積法は簡単に数値化できるという利点がある。

重度歯周疾患に罹患し、保存不可能で抜去された歯において (表 4)、抜去されたのは中切歯、側切歯、大臼歯が大多数 (75%) を占めており、この部位が歯周疾患において重篤な症状を呈したことを示している。

また、保存的処置を取った境界歯の歯種 (表 5) からは、中切歯、側切歯が 66.2% と大きな割合を示しているのは、審美的な面が大きく左右して保存的処置に努めたと思われる。抜去歯数が最も少ないのは犬歯であった。これは歯根表面積が大きく、歯根長が最も長いという解剖学的形態によるものと考えられる。

Xerox 上で残存歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値と、実際歯根に付着している歯根膜線維の割合を表す β 値との間には 99% の信頼性のもとに非常に高い相関係数が得られ、また、 α 値より β 値を求める回帰方程式も得られた (表 7)。

Nicholls ら⁵⁵⁾の報告に、根尖から歯根の高さと歯根表面積の関係は放物線を描く関係にあり (図 14)、また、平面の円錐の面積も高さに対して面積は放物線を描く。

歯根を楕円錐にたとえるならば、その投射影像、つまり Xerox 上に写し出される像は放物線の類似曲線を描く。すなわち、この歯根の根尖よりの高さに対する歯根表面積を表す β 値と平面上の放物線の面積を表す α 値の間には、一次の関数が存在することが最も簡潔であると予想される。それを証明する 1 つとして、高次解析を行っても表 7 に示された結果より有効な数式が得られなかった。

Xerox 上での測定ポイントとして、歯槽骨辺縁ラインは骨吸収程度の大きい線を選択し、C-E 境は歯冠部における近心と遠心の C-E 境を直線で結んだ線分と規定した。

臼歯、大臼歯においては C-E 境は歯冠部における近心と遠心の C-E 境を直線で結んだ線分としても、Xerox 上に描出された C-E 境とほぼ一致しているが、前歯においては大きなずれがみられたにもかかわらず、非常に高い相関係数と回帰方程式が得られた。これは前歯の歯頸部彎曲が大きいという解剖学形態が作用したものと推

図 14 Jack I. Nicholls, C.H. DALY and W.L. Kydd: Root surface measurement using a digital computer. J. Dent. Res., 53: 1338~1341, 1974. より転載

察された。

α 値を求める上で C-E 境を Xerox 上に描出されている歯冠の C-E 境のとおりトレーシングすると、α 値の分母となる Xerox 上での歯根面積が小さくなり、歯槽骨におおわれた部分の面積により、α 値の数値変動が大きくなり、不安定となった。従って数値変動を抑制するために分母の数値を大きくしておく必要があり、そのために C-E 境を歯冠部における近心と遠心の C-E 境を直線で結んだ線分と規定した。

一方、歯根表面積を測定すると、歯冠最下端から歯頸部彎曲までの面積は歯根表面積のかかなりの割合を占め、特に上顎においては顕著であった。従って β 値におよぼす影響は大きい。しかし、その部分の Xerox 上での α 値におよぼす影響は小さかった。

C-E 境は歯冠部における近心と遠心の C-E 境を直線で結んだ線分と規定し、

$$\alpha = \frac{\text{残存歯槽骨におおわれた歯根面積}}{\text{C-E 境から根尖までの歯根面積}} \times 100\%$$

と割合で表すことにより、α 値の数値変動を抑制することができ、

β 値もまた

$$\beta = \frac{\text{歯根膜線維付着部面積}}{\text{歯根表面積}} \times 100\%$$

と割合で表すことにより、β 値の数値変動をも抑制することができたものと考えられる。

実際の歯根表面積を求める方法には、ペンゼンを利用

した Luthra⁵⁶⁾、銀メッキを利用した小田⁵⁷⁾による重量換算法や Nicholls ら⁵⁵⁾による区分求積法、Jepsen³⁵⁾、Brown ら⁵⁸⁾のメンブランテクニックがあるが、本実験には簡便且つ信頼性の高い小田らによるメンブランテクニックを利用した。この方法を用い、β 値として面積割合で表したことが、測定誤差を最小にすることができた。以上のことから、本研究において、α 値と β 値の間の相関係数が高く、信頼性の高い回帰方程式が得られたものと考えられる。

本実験では、通常デンタルフィルムに代わり、測定の精度を高め、並びに放射線防護の観点より Xerox を用いたが、通常デンタルフィルム上でトレースし、計測された α 値に多少の変動があっても、今回得た結果とさして変化のない結果が得られることが予測される。

上顎臼歯部においては α 値と β 値の相関係数は 0.68 と他の部位が 0.93~0.97 と非常に大きい数値に比べると、数段と小さい値であった。

これは、上顎臼歯が複根であり、分岐部の面積および Xerox 上に描出される根の重なりが大きく関与しているものと思われる。

下顎臼歯部のように 2 根であるならば、楕円錐を 2 つ隣接させた状態を仮定することが可能で、分岐部面積および根の重なりが α 値へおよぼす影響が少なく、その結果が下顎臼歯の相関係数 $r=0.96$ に表れた。

一方、上顎大臼歯のように口蓋根が他の 2 根の中央部で重なり、この重なり部分がこの α 値と β 値に他の

表 8 上顎各部位における α 値, β 値ならびに probing depth 値の関係

		抜去歯		境界歯		正常歯
前歯	$\alpha_{n=10}$	6.9 $\pm$ 3.2	**	$\alpha_{n=20}$	21.3 $\pm$ 9.7	$\alpha_{n=25}$ 77.6 $\pm$ 4.6
	$\beta_{n=20}$	4.0 $\pm$ 8.5				
	PD $_{n=10}$	34.1 $\pm$ 10.2		PD $_{n=20}$	28.6 $\pm$ 9.1	PD $_{n=25}$ 11.2 $\pm$ 1.2
		p<0.10				
臼歯	$\alpha_{n=24}$	9.9 $\pm$ 6.2	**	$\alpha_{n=8}$	23.4 $\pm$ 9.8	$\alpha_{n=51}$ 80.5 $\pm$ 5.6
	$\beta_{n=20}$	6.7 $\pm$ 9.0				
	PD $_{n=22}$	34.0 $\pm$ 8.7		PD $_{n=8}$	44.1 $\pm$ 5.7	PD $_{n=51}$ 11.5 $\pm$ 1.2
		p<0.02				
全歯	$\alpha_{n=34}$	9.0 $\pm$ 5.7	**	$\alpha_{n=28}$	21.9 $\pm$ 9.8	$\alpha_{n=74}$ 79.4 $\pm$ 5.5
	$\beta_{n=29}$	5.9 $\pm$ 8.9				
	PD $_{n=32}$	34.1 $\pm$ 9.8		PD $_{n=28}$	34.1 $\pm$ 9.8	PD $_{n=76}$ 11.4 $\pm$ 1.2
		NS				
		Mann-Whitney test p:危険率 ** : p<0.01				

表 9 下顎各部位における α 値, β 値ならびに probing depth 値の関係

		抜去歯		境界歯		正常歯
前歯	$\alpha_{n=6}$	7.1 $\pm$ 3.4	**	$\alpha_{n=34}$	24.0 $\pm$ 8.3	$\alpha_{n=30}$ 83.3 $\pm$ 6.2
	$\beta_{n=6}$	9.0 $\pm$ 4.5				
	PD $_{n=6}$	26.8 $\pm$ 10.4		PD $_{n=34}$	21.3 $\pm$ 8.7	PD $_{n=30}$ 11.1 $\pm$ 2.0
		p<0.15				
臼歯	$\alpha_{n=12}$	6.8 $\pm$ 3.8	**	$\alpha_{n=9}$	25.9 $\pm$ 4.1	$\alpha_{n=44}$ 84.9 $\pm$ 4.1
	$\beta_{n=6}$	4.2 $\pm$ 6.5				
	PD $_{n=12}$	32.4 $\pm$ 7.0		PD $_{n=9}$	36.7 $\pm$ 8.3	PD $_{n=44}$ 13.9 $\pm$ 1.7
		NS				
全歯	$\alpha_{n=18}$	6.9 $\pm$ 3.7	**	$\alpha_{n=43}$	24.4 $\pm$ 7.7	$\alpha_{n=74}$ 84.4 $\pm$ 5.2
	$\beta_{n=12}$	6.6 $\pm$ 6.1				
	PD $_{n=18}$	30.6 $\pm$ 8.7		PD $_{n=43}$	24.5 $\pm$ 10.7	PD $_{n=74}$ 11.4 $\pm$ 1.5
		p<0.05				
		Mann-Whitney test p:危険率 ** : p<0.01				

部位よりは低い相関関係を示した原因であると思われる。

しかし、小田ら¹⁷⁻¹⁹⁾は大臼歯の分岐部面積が占める割合が上顎大臼歯 8%, 下顎大臼歯 7% と大きな差がみられないことを報告しており、最も大きな原因となるのは根の重なりであると判断された。

分岐部は Xerox 上では点もしくは線のみでしか表さ

れず、 α 値には殆ど影響を与えない。従って分岐部においては歯槽骨吸収像が Xerox 上に描出されれば、今回求められた回帰方程式を利用して信頼性の高いものとなるが、歯槽骨吸収像が Xerox 上に表れない場合、分岐部病変に対しては信頼性が低くなる。

しかし、造影剤などの補助的薬物を用いれば、分岐部病変がさらに明確になるものと思われる。すなわち、造

影剤の使用により歯周ポケットの確認ができるようなれば、歯根膜線維付着部面積が推測できるのみならず、上皮付着の評価にも発展させることができ、より充実した評価方法となるであろう。

上顎の抜去歯と境界歯の間には前歯、臼歯、全歯の α 値に $p < 0.01$ で有意に抜去歯のほうが小さい値を示した(表8)。これは Xerox 上での残存歯槽骨におおわれた歯根面積の割合においては、境界歯の方が大きい値を示したことを表す。

PD 値については、上顎前歯に $p < 0.01$ で有意に抜去歯のほうが小さい値を示し、臼歯部では $p < 0.02$ で境界歯のほうが有意に大きい値を示したのは、歯槽骨吸収に伴う歯肉退縮により PD 値が逆転したものと思われる。

下顎においても、前歯、臼歯、全歯の Xerox 上から得られた α 値に $p < 0.01$ で有意に抜去歯のほうが小さい値を示した(表9)。

下顎の PD 値については、前歯は $p < 0.15$ で有意に境界歯のほうが大きく、臼歯部においては差は認められなかった。

以上のことから、この面積法による歯槽骨レベルの評価方法の信頼性の高いことを考慮すると、

$$\text{上顎: } \alpha = 21.9 \pm 9.8$$

$$\text{下顎: } \alpha = 24.4 \pm 7.7$$

という、重度歯周疾患罹患歯ではあるが保存的処置を行った境界歯の Xerox 上より求めた α 値の平均値を歯周疾患に罹患した歯の X 線写真所見上の形態学的、臨床的保存限界域の1つの目安と考えるに充分であると判断できた。

本研究の面積法による評価法の特色は二次元から三次元への再構築である。信頼性の高い方程式が得られた結果、厳密な規格撮影を行わなくても、簡単に数値化できる。

しかし、X 線フィルムでは投射影像の形態学的なものではなく⁵⁹⁻⁶³⁾、歯周疾患の現在の病態の状況、細菌群、活性程度等は判断できないため、今回のこの結果をもとに、生化学的、細菌学的パラメーターを加えると、歯周疾患の総合的な診断基準を設定できる可能性が大きいと思われる。

結 論

本研究は X 線写真上の残存歯槽骨レベルと、実際歯根に付着している歯根膜面積の関係を明らかにし、X 線写

真像から根表面に付着した歯根膜線維付着部面積を推測する可能性を検討することを目的として、human skull と重度歯周疾患罹患歯を対象に、Xeroradiography 上の歯槽骨におおわれた歯根面積と全歯根面積との割合を表す α 値と、実際歯根に付着した歯根膜線維付着部面積と全歯根表面積の割合を表す β 値を計測し、 α 値と β 値を比較検討して、以下の結果を得た。

結果と結論

1. Xeroradiograph 上より計測された、歯槽骨におおわれた歯根面積の割合を表す α 値は、撮影方法が異なっても大きな差は認められなかった。

2. Xeroradiograph 上の歯槽骨におおわれた歯根面積の割合(α 値)と、実際歯根表面に付着した歯根膜線維付着部面積の割合(β 値)の間には、高い相関関係が存在し、 α 値より β 値を算出する信頼性の高い回帰方程式が求められた。

3. 重度歯周疾患罹患歯における抜去歯と保存的処置を行った未抜去歯(境界歯)の Xeroradiograph 上より計測された α 値の間には有意の差が認められた。

以上の結果、Xeroradiograph 上の残存歯槽骨レベルと実際歯根に付着した歯根膜面積の間には信頼性の高い相関関係が存在し、歯周疾患の診断の資料の一つとして有効に利用できることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御懇篤な御指導と御校閲を賜りました歯周病学講座 岩山幸雄教授に深く感謝いたします。また X 線撮影に御助力いただきました歯周病学講座の皆様ならびに放射線技師に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Bender, I.B. : Roentgenographic and direct observation of experimental lesion in bone. I. J.A.D.A., 62 : 152-160, 1961.
- 2) Bender, I.B. : Roentgenographic and direct observation of experimental lesion in bone. II. J.A.D.A., 62 : 708-716, 1961.
- 3) LeQuire, A.K., Cunningham, C.J. and Pelleu, G.B.Jr. : Radiographic interpretation of experimentally produced osseous lesions of the human mandible. J. Endodont., 3 : 274-276, 1977.
- 4) Pauls, V. and Trott, J.R. : A radiological study

- of experimentally produced lesion in bone. Dent. Pract., 16 : 254-258, 1966.
- 5) Ramadan, A.E. and Mitchell, D.F. : A roentgenographic study of experimental bone destruction. Oral Surg., 15 : 934-943, 1962.
 - 6) Schwartz, S.F. and Foster, J.K. : Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. I. Oral Surg., 32 : 606-612, 1971.
 - 7) Shoha, R.R., Dowson, J. and Richards, A.G. : Radiographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Oral Surg., 38 : 294-303, 1974.
 - 8) Moskow, B.S., Tannenbaum, P. and Bloom, A. : Visualization of the human periodontium using serial thin section contact radiography. J. Periodontol., 56 : 223-233, 1985.
 - 9) Duckworth, J.E., Judy, P.J., Goodson, J.M. and Socransky, S.S. : A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. J. Periodontol., 54 : 435-440, 1983.
 - 10) Payot, P., Haroutunian, B., Po chon, Y., Herr, P., Bickel, M. and Cimasoni, G. : Densitometric analysis of lower molar interradicular area in superposable radiographs. J. Clinical Periodontol., 14 : 1-7, 1987.
 - 11) Schei, O., Waerhaug, J., Lovdal, A. and Arno, A. : Alveolar bone loss as related to oral hygiene and age. J. Periodontol., 30 : 7-15, 1959.
 - 12) Housman, E., Ortman, L.F., McHenry, K. and Fallon, J. : Relationship between alveolar bone measured by ¹²⁵I absorptiometry with analysis of standardized radiographs : 1. Magiscan. J. Periodontol., 53 : 307-310, 1982.
 - 13) Henrikson, C.O. : Alveolar bone mass using ¹²⁵I absorptiometry. J. Periodontol., 50 : 30-34, 1979.
 - 14) Ortman, L.F., Dunford, R., McHenry, K. and Hausmann, E. : Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs : A comparison study with ¹²⁵I absorptiometry. J. Periodontol., 20 : 644-651, 1958.
 - 15) Ortman, L.F. McHenry, K. and Hausmann, E. : Relationship between alveolar bone measured by ¹²⁵I absorptiometry with analysis of standardized radiographs : 2. Bjorn technique. J. Periodontol., 53 : 311-314, 1982.
 - 16) Hausmann, E., Christersson, L., Dunford, R., Wikesjo, U., Phyto, J. and Genco, R.J. : Usefulness of subtraction radiography in the evaluation of periodontal therapy. J. Periodontol., 55 : 22-27, 1984.
 - 17) 小田 茂, 長田 豊, 飯田美智子, 田口章太, 村岡 明, 小鷲悠典, 木下四郎 : 歯根表面積に関する研究. 第1報, 測定方法と歯根総表面積. 日歯周誌, 24 : 285-292, 1982.
 - 18) 長田 豊, 小田 茂, 飯田美智子, 田口章太, 村岡 明, 小鷲悠典, 木下四郎 : 歯根表面積に関する研究. 第2報, 歯周組織の減少とそれに対応した歯根表面積の変化. 日歯周誌, 24 : 293-298, 1982.
 - 19) 西原達次, 小田 茂, 長田 豊, 村岡 明, 小鷲悠典, 木下四郎 : 歯根表面積に関する研究. 第3報, 大白歯の歯根各部の表面積. 日歯周誌, 25 : 393-398, 1983.
 - 20) Gher, M.W. Jr. and Dunlap, R.W. : Linear variation of the root surface area of the maxillary first molar. J. Periodontol., 56 : 39-43, 1985.
 - 21) Dunlap, R.M. and Gher, M.E. : Root surface measurements of the Mandibular first molar. J. Periodontol., 56 : 234-238, 1985.
 - 22) Larheim, T.A. and Eggen, S. : Measurements of alveolar bone height at tooth and implant abutments on intraoral radiographs : A comparison of reproducibility of Eggen technique utilized with and without a bite impression. J. Clinical Periodontol., 9 : 184-192, 1982.
 - 23) Bjorn, H. and Holmberg, K. : Radiographic determination of periodontal bone destruction in epidemiological research. Odontol. Revy., 17 : 232-250, 1966.
 - 24) Bjorn, H., Halling, A. and Thyberg, H. : Radiographic assessment of marginal bone loss. Odontol. Revy., 20 : 165-179, 1969.
 - 25) Larheim, T.A. and Eggen, S. : A method for

- radiographic determination of vertical and horizontal dimensions in the alveolar process. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 8 : 97-99, 1979.
- 26) Larheim, T.A. and Eggen, S. : Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring film. *Oral Surg.*, 48 : 374-378, 1979.
 - 27) Ortman, L.F., Dunford, R., McHenry, K. and Hausmann, E. : Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs : A comparison study with ¹²⁵I absorptiometry. *J. Periodont. Res.*, 20 : 644-651, 1985.
 - 28) Hans-Göran Gröndahl, Gröndahl, K. and Webber, R.L. : A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral Surg.*, 55 : 96-102, 1983.
 - 29) Putnins, E., Lavelle, C.L.B. and Holthuis, A. : Detection of three-walled infrabony defects by subtraction radiography. *Oral Surg.*, 65 : 102-108, 1988.
 - 30) Jeffcoat, M.K., Reddy, M.S., Webber, R.L., Williams, R.C. and Ruttimann, U.E. : Extraoral control of geometry for digital subtraction radiography. *J. Periodont. Res.*, 22 : 396-402, 1987.
 - 31) Rethman, M., Ruttimann, U., O'neal, R., Webber, R., Davis, A., Greensten, G. and Woodyard, S. : Diagnosis of bone lesions by subtraction radiography. *J. Periodontol.*, 56 : 324-329, 1985.
 - 32) Hans-Göran Gröndahl and Gröndahl, K. : Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. *Oral Surg.*, 55 : 208-213, 1983.
 - 33) Gröndahl, K., Hans-Göran Gröndahl and Webber, R.L. : Digital subtraction radiography for diagnosis of periodontal bone lesion with simulated high-speed systems. *Oral Surg.*, 55 : 313-318, 1983.
 - 34) Lurie, A.G., Greenberg, R.J. and Kornman, K.S. : Subtraction radiology demonstrates crestal bone loss in experimentally induced marginal periodontitis. *Oral Surg.*, 55 : 537-541, 1983.
 - 35) Jepsen, A. : Root surface measurement and a method for X-ray determination of root surface area. *Acta odont. scand.*, 21 : 35-46, 1933.
 - 36) Jeffcoat, M.K. and Williams, R.C. : Relationship between linear and area measurements of radiographic bone levels utilizing simple computerized techniques. *J. Periodont. Res.*, 19 : 191-198, 1984.
 - 37) Cambruzzi, J.V., Marshall, F.J. and Pappin, J.B. : Methylene blue dye : An aid to Endodontic surgery. *J. Endodont.*, 11 : 311-314, 1985.
 - 38) Gratt, B.M., Sickles, E.A. and Parks, C.P. : Xeroradiography of dental structures : I. Preliminary investigations. *Oral Surg.*, 44 : 148-152, 1977.
 - 39) Gratt, B.M., Sickles, E.A. and Parks, C.P. : Xeroradiography of dental structures : II. Image analysis. *Oral Surg.*, 46 : 156-165, 1978.
 - 40) Gratt, B.M., Sickles, E.A. and Armitage, G.C. : Use of dental xeroradiographs in periodontics : Comparison with conventional radiographs. *J. Periodontol.*, 51 : 1-4, 1980.
 - 41) Gratt, B.M. : Xeroradiography of dental structures : III. Pilot clinical studies. *Oral Surg.*, 48 : 276-280, 1979.
 - 42) Gratt, B.M., Sickles, E.A., Gould, R.G., Jeromin, L.S. and White, S.C. : Xeroradiography of dental structures. IV. Image properties of a dedicated intraoral system. *Oral Surg.*, 50 : 572-579, 1980.
 - 43) Rawls, H.R. and Owen, W.D. : The dental prognosis for xeroradiography. *Oral Surg.*, 33 : 476-480, 1972.
 - 44) Gratt, B.M. and Sickles, E.A. : Sensitometric characteristics of dental xeroradiography. *Oral Surg.*, 56 : 555-559, 1983.
 - 45) White, S.C. and Gratt, B.M. : Clinical trials of intraoral dental xeroradiography. *J.A.D.A.*, 99 : 810-816, 1979.
 - 46) 鹿島 勇 : Dental Xeroradiography. 第1版, 学際企画株式会社, 東京, 1983.
 - 47) Gratt, B.M., Sickles, E.A. and Nguyen, N.T. : Dental xeroradiography for endodontics : a rapid X-ray system that produces high-quality

- images. *J. Endodont.*, 5 : 266-270, 1979.
- 48) Kleier, D.J., Hicks, M.J. and Flaitz, C.M. :
A comparison of Ultraspeed and Ektaspeed dental X-ray film : In vitro study of the radiographic appearance of interproximal lesion. *Oral Surg.*, 63 : 381-385, 1987.
 - 49) Snyder, M.B., Stacey, A.J., Davis, R., Cawson, R.A. and Binnie, W.H. : The advantages of Xeroradiography for Panoramic examination of the jaw and teeth. *J. Periodontol.*, 48 : 467-471, 1977.
 - 50) Horton, P.S., Sippy, F.H., Kohout, F.J., Nelson, J.F. and Kienzel, G.C. : A clinical comparison of speed group D and E dental X-ray films. *Oral Surg.*, 58 : 104-108, 1984.
 - 51) Ludlow, J.B., Hill, R.A. and Hayes, C.J. : Use of a "sandwich" technique to control image geometry in clinical studies comparing intraoral xeroradiographs and Espeed films. *Oral Surg.*, 65 : 618-625, 1988.
 - 52) Reed, B.E. and Polson, A.M. : Relationships between bitewing and periapical radiographs in assessing crestal alveolar bone levels. *J. Periodontol.*, 55 : 22-27, 1984.
 - 53) van der. Linden, L.W.J. and van Aken, J. : The periodontal ligament in the roentgenogram. *J. Periodontol.*, 41 : 243-248, 1970.
 - 54) Jeffcoat, M.K., Jeffcoat, R.L. and Williams, R.C. : A new method for the comparison of bone loss measurements on non-standardized radiographs. *J. Periodont. Res.*, 19 : 434-440, 1984.
 - 55) Nicholls, J.I., Daly, C.H. and Kydd, W.L. : Root surface measurement using a digital computer. *J. Dent. Res.*, 53 : 1338-1341, 1974.
 - 56) Luthra, S.P., Narayan, I. and Subrahmanyam, N. : Root surface area measured by the benzene absorption method. *J. Prosthet. Dent.*, 31 : 185-189, 1974.
 - 57) 小田展生 : ヒトの歯根表面積に関する研究. 九州歯会誌, 30 : 582-599, 1979.
 - 58) Brown, R. : A method of measurement of root area. *J. Can. Dent. Assoc.*, 16 : 130-132, 1950.
 - 59) Kelly, G.P., Cain, R.J., Knowles, J.W., Nissle, R.R., Burgett, F.G., Shick, R.A. and Ramfjord, S.P. : Radiographs in Clinical Periodontal Trials. *J. Periodontol.*, 16 : 381-386, 1975.
 - 60) Greenstein, G., Polson, A., Iker, H. and Meiter, S. : Associations between crestal lamina dura and periodontal status. *J. Periodontol.*, 52 : 362-366, 1981.
 - 61) Suomi, J.D., Plumbo, J. and Barbano, J.P. : A comparative study of radiographs and pocket measurements in periodontal disease evaluation. *J. Periodontol.*, 39 : 311-315, 1968.
 - 62) Greenstein, G., Polson, A., Iker, H. and Meitner, S. : Associations between crestal lamina dura and periodontal status. *J. Periodontol.*, 52 : 362-366, 1981.
 - 63) Prichard, J. : The role of the roentgenogram in the diagnosis and prognosis of periodontal disease. *O.S., O.M. & O.P.*, 14 : 182-196, 1961.