γ 線の減弱による歯槽骨変化の測定に関する研究

—歯周治療の影響について—

高 良 憲 明

鹿児島大学歯学部歯科保存学講座(2)

(指導: 末田 武教授)

(平成3年3月20日受付)

Assessment of Alveolar Bone Changes with γ -ray Absorptiometry

—With the Effect of Periodontal Treatment—

Noriaki KOURA

Department of Periodontology, Kagoshima University, School of Dentistry

8-35-1, Sakuragaoka, Kagoshima 890, Japan

(Director: Prof. Takeshi SUEDA)

Assessment of alveolar bony change during periodontal treatment is clinically important. Especially, the change in the crestal portion of alveolar bone which generally appears in X-P films. This approach, however, has several limits in that the change is examined on the film photographed.

In order to examine the alveolar bony change directly without using X-P films in patients with

periodontitis, we tried to determine precisely the minute bony change by analyzing 30 keV- γ -rays (^{133}Ba) permeating the crestal portion of alveolar bone in 120 seconds.

The results revealed that the first remarkable bony change was observed following instrumentation and that its time-course occurred 2~7 months after the start of treatment.

Key words: γ -ray, Alveolar bone, Periodontal treatment

要旨: 歯周疾患の治療の際、歯槽骨の変化を知ることが臨床的に重要な位置を占めている。殊に歯槽骨頂部での変化を知るためには、一般的な方法として、X線フィルムの濃度変化を指標としている。しかし、この方法は撮影したフィルム上で変化を調べるために様々な制約がある。

そこで、歯周炎を有する患者においてフィルムを介さないで直接、歯槽骨の変化を調べるために線源に ^{133}Ba を用い、歯槽骨頂部を透過する 30 keV の γ 線の減弱をアナライザーで分析し、骨の微細な変化量をより正確に測定することを試みた。

その結果、最初の顕著な骨変化はスケーリング後、ないしは再評価時のいわゆるインストルメンテーション後に観察され、治療期間の経時的変化では治療開始後、2ヵ月から7ヵ月目に起こっていることが分かった。

索引用語: γ 線, 歯槽骨, 歯周治療

緒 言

歯周疾患の治療を行っていく際、その改善度を知る指標として一般的には、ポケット探針によるポケットの深さの測定が行われている。さらに臨床学的に有効な手段として、付着の変動量を表すには付着レベル、あるいは炎症の初期症状を反映する歯肉溝滲出液量の測定、X線フィルムによる歯槽骨の評価などがある。

特に歯槽骨の変化を捉えることは歯周疾患の診断、経過観察の上で最も重要なパラメーターの一つであることは言うまでもないことである。

この骨変化量を観察するためには従来、X線診査が一般的に行われてきており、撮影されたフィルムを使用していろいろな測定をする方法が行われている。

X線フィルム上での評価法には、これまで様々な方法が考察されてきており、歯槽骨頂部の位置や骨の面積の変化を捉えるもの¹⁻⁷⁾、また濃度計を用いて黒化度によって評価する方法⁸⁻¹²⁾、さらにこれを応用して濃度の引き算を行って捉えようとする方法など¹³⁻²⁴⁾が報告されている。

Henrikson ら²⁵⁾はX線のかわりに¹²⁵Iの γ 線を用いて γ 線により感光したフィルム上で変化を調べた。

しかしながらこれらの方法は、X線あるいは γ 線を用いて撮影したフィルム上で変化を調べるために制約があり、フィルムの乳剤やその現像条件、また軟組織など様々な因子がその測定結果に関与していることが考えられ、殊に微小な変化を正確に示しているとは考えられない。

そこで、フィルムを介さないで直接、歯槽骨の変化を調べる方法が開発され、Hausmann ら²⁶⁾は¹²⁵Iを用いてフォトン線の減弱による骨変化量を分析して報告した。

本研究では歯周炎を有する患者に通常の歯周治療を施し、そのステップごとの影響を調べるために、 γ 線を放出する¹³³Baを用い、自作の測定装置を使用し、歯槽骨頂部を透過する γ 線量をアナライザーで分析し、歯槽骨の微細な変化量をより正確に測定することを試みた。

材料と方法

1. 対象症例

1) 測定系の基本的な予備評価を行うために、いわ

図 1 実際の個別測定装置

図 2 個別測定装置 (咬合面観)

ゆる健康な歯肉を有する歯列不正のない被験者を5名用いた。

2) 臨床症例となる被験者には鹿児島大学歯学部附属病院第2保存科外来に来院し、特記すべき全身疾患がなく、過去3ヵ月以内に抗生剤の投与を受けていない、成人性の歯周炎と診断された上下顎臼歯部に動揺が少なく、下顎前歯部に水平性の骨吸収が歯根長の1/3~1/2程度に及んでいる男性7名、女性3名、計10名、平均年齢 39.7 ± 7.3 歳を用いた。

2. 骨厚さ当量の測定

個別測定装置は γ 線の減弱による骨厚さ当量を求めるため自作した。装置は線源部、固定部、測定部、接合部より構成されている(図1, 2, 3)。

(線源部)

線源には日本アイソトープ協会製の直径10 mm、高さ30 mmの円柱の中に封入されている 3.7×10^9 Bqの¹³³Baを用い、全体を鉛で覆い、前面に測定部位が入

図 3 個別測定装置 (矢状面観)

図 4 X線写真による測定部位の明示

るように直径 2 mm の窓を開け、下顎前歯部の舌面に密着した。

(固定部)

高い再現性を得るために即時重合レジン (オルソマイト®) より成り、左右下顎臼歯部で両側性に固定した。

(測定部)

測定部位は下顎前歯隣接部の歯槽骨頂部とし、一被験者あたり一部位とした。予め、測定部位を中心とした 20 mm×20 mm の前歯部舌面に適合する平均厚さ 5 mm の鉛板を鑄造し、その前面に測定部位が入るように線源部の窓と一致する直径 2 mm の窓を開け、測定部位とし、線源部と適合させた。測定領域は歯槽骨頂部が約 2/3 を占めるように個々の症例で調整した。図 4, 5 に同部位の X 線写真及び模式図を示す。さらに測定部位の位置を確認するためにフィルムホルダー、X 線照射方向指示線、および口腔内固定部より成る γ

B: 歯槽骨
R: 歯根
E: B, R 以外

図 5 測定部位の模式図

図 6 X線による規格撮影

線による線量の測定装置と同規格の X 線規格撮影装置によるフィルム撮影を同部位において同時に行ない確認した (図 6)。

(接合部)

口腔内の測定装置と口腔外のキャンベラ社製、シンチレーションディテクターズ 1701 との連結は、再現性の向上のためにディテクターの前端に円盤状の亚克力板に規定線を設け、それと同様の亚克力板を各個別測定装置に取り付け、ディテクターとの接合部とし、各々の規定線を一致させることにより再現性を確保した。

測定系のジオメトリーは、測定部位とディテクター

間の距離を 50 mm になるようにし (図 7), ディテクターをキャンベラ社製マルチチャンネルアナライザーシリーズ 35 に接続して関心領域 (ROI) を設定し (図 8), 検体を透過する γ 線量を検出し, 120 秒間に透過する 30 keV の γ 線量を測定した (図 9)。

骨厚さ当量の分析評価は γ 線が歯槽骨により全く

吸収されなかった場合の γ 線の強度を I_0 , γ 線が歯槽骨により吸収された場合の γ 線の強度を I , 幼若豚歯槽骨の質量吸収係数を μ (1.3774) とし, 骨厚さ当量は (mm)

$$= \frac{\text{Integ. } \frac{I}{I_0}}{\mu}$$

により算出した³⁹⁾。またこれによって得られた値は初診時の骨厚さ当量を 100 として変化量を%で示した。

3. 歯周組織の診査

歯周組織の診査として歯周ポケット, 付着レベル, 歯肉溝滲出液量の測定を行った。図 10 にそれぞれの測定部位を示す。

1) 歯周ポケットの測定

歯周ポケットの測定は歯冠部を覆う, レジン製のステントを作製し, 直径 0.5 mm の Williams 型のポケット探針を用い, ステント上のガイドラインに沿って γ 線による線量の測定部位の隣接歯の唇舌面 4 点

図 7 実際の測定時

図 8 マルチチャンネルアナライザーによる ROI の設定

図 9 測定系の構成

図 10 隣接部におけるポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の測定部位

- 1 初診時
- 2 プラークコントロール達成時 (O'Leary のプラークコントロールレコード 10% 以下)
- 3 スケーリング後 (全顎スケーリング終了時)
- 4 再評価
- 5 外科処置後 (処置後 3 週目)
- 6 最終評価
- 7 メインテナンス

図 11 歯周治療における step 毎の測定時点

を 0.5 mm 単位で約 25 g の測定圧で行った。

2) 付着レベルの測定

ポケット計測と同時にを行い, ポケット底部からステントの基準点までの距離をポケット計測と同種のプローブにて同部位を 0.5 mm 単位で約 25 g の測定圧で行った。

3) 歯肉溝滲出液量の測定

ペリオトロン®(ハルコ社 カナダ)を用い, 簡易防湿後, 歯肉を気銃にて乾燥し, ペリオペーパーを歯肉溝に軽く挿入し, 5 秒間放置後測定した。

このような個別測定装置を用いて歯槽骨頂部の骨変化において, 臨床評価を行う前に, 健康な歯肉を有する被験者にて再現性を検討した。測定は同日に 5 回, 1 週間後同様に 3 回行った。臨床症例については, 通常の歯周治療の流れに伴い, 各被験者の口腔内全般において各ステップの処置が終了した時点を基本として計測を行った。各ステップは, 図 11 に示すように初診時(処置を施していない状態), プラークコントロール達成時(パス法にて, O'Leary のプラークコントロールレコードが 10% 以下になり, それを維持している状態), スケーリング後(スケーリング終了時直後), 再評価時(初期治療終了後), 外科処置後(3 週間後の状態で適応症例のみに施行), 最終評価時(咬合機能の回

表 1 測定系の基本的な予備評価における再現性

被験者	平均値と標準偏差 (mm)	変動係数 (%)
A	0.64±0.008	1.22
B	0.56±0.014	2.57
C	0.64±0.007	1.02
D	0.48±0.008	1.70
E	0.88±0.008	0.95

復後), メインテナンス時(最終評価後, 3ヵ月目ごとの状態)とした。なお, 実際の計測はそれぞれのステップより一週間後に計測日を設け, 3 回ずつ行った。

4. 統計処理

得られたデータの統計処理は歯周治療の流れに伴い, それぞれの測定項目で各測定間に有意な変化が認められるかどうかを調べるために Student の t 検定を行った。なお, 最初の有意検定は初診時との間で行い, それ以降との間の有意検定も行った。

結 果

1. 測定系の基本的な予備評価における再現性は表 1 に示すように平均の骨厚さ当量は, 0.48 mm から 0.88 mm であり, 変動係数 3% 以内であった。この結果, 今回行った測定は高い再現性をもっていることが示された。

2. 臨床症例ごとの評価は, 図 12~21 に骨厚さ当量の変化量の平均値を, 表 2~11 には歯周組織の診査を示す。症例により異なるが, 口腔内全般にわたる各ステップの処置の終了時と測定部位との関係は次の通りである。すなわちプラークコントロール達成時の各部位のプラークの付着が観られなくなっているからの日数は症例 5 においては 3 日以前, 症例 2, 4, 7, 9 は 5~7 日以前, 症例 1, 3, 6, 8, 10 は 12~15 日以前であり, スケーリング後に関しては基本的なステップと一致または 2 週間以前に終了していた。再評価では全般的にルートプレーニングを含むその他の初期治療を施し, その間, 測定部位においては繰返しのデブライドメント及びポケットの残余の観られる部位にはルートプレーニングを行った。最終評価に関しては, 咬合状態の回復を処置しており, 測定部位においては特に処置は施さなかった。また外科処置に関しては測定部位を含む時にステップとして表示した。なお各ステップにかかった正確な日数をステップ軸に表記した。

図 12 症例 1. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

図 13 症例 2. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

表 2 症例 1. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	プラックコントロール	達成時	スケーリング後	再評価	最終評価	メインテナンス
ポケットの深さ (mm)	唇	3	5	2	2	2	2	2
	舌	3	5	4	1.5	2	2	2
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	35	54	21	23	18	18	12
	舌	62	25	21	24	9	6	15

* : p < 0.05

表 3 症例 2. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	プラックコントロール	達成時	スケーリング後	再評価	外科処置後	最終評価	メインテナンス
ポケットの深さ (mm)	唇	5	5	3	3	3	3	2	2
	舌	3.5	3	2	2	2	2	2	2
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	78	58	46	30	21	25	12	8
	舌	62	88	20	20	18	18	10	10

* : p < 0.05

図 14 症例 3. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

図 15 症例 4. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

表 4 症例 3. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時		達成時 プラットフォーム クロコル		スケーリン グ後		再評価		最終評価		メンテナンス	
ポケットの 深さ (mm)	唇	7	6	4	2	3	1.5	3	1.5	2	1	2	2
	舌	6	6	3	2	2	1	2	1	2	1.5	2	1.5
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	40	43	18	14	8	10	8	5	3	5	20	15
	舌	53	62	12	5	10	5	8	3	12	5	18	18

*: $p < 0.05$

表 5 症例 4. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	ブ ン ラ ト ロ ク コ ル	達 成 時	ス グ 後 ス ケ ー リ ン	再 評 価	外 科 処 置 後	最 終 評 価
ポケットの深さ (mm)	唇	3	3	1.5	2	2	2	2
	舌	4	4	3	4	2.5	4	2
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	57	48	25	25	8	25	10
	舌	65	56	33	30	12	25	18

*: $p < 0.05$

図 16 症例 5. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

図 17 症例 6. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

表 6 症例 5. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時		ブ ン ラ ト ロ ー ク コ ル		達 成 時		ス グ ケ ー リ ン		再 評 価		最 終 評 価	
ポケットの 深さ (mm)	唇	4	4	* 2.5		3	2	2	2	2	2	2	2
	舌	4	3.5	3	2	2	2	2	2	2	1.5	2	
付着レベル (mm)	唇	± 0	± 0	* +		+	+	+	+	+	+	+	+
	舌	± 0	± 0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオト ロン値)	唇	52	59	* 25		20	15	10	5	10	8	10	
	舌	42	40	20	22	5	8	7	15	10	10		

*: p < 0.05

表 7 症例 6. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	ブ ン ラ ト ロ ー ク コ ル	達 成 時	ス グ ケ ー リ ン	再 評 価	最 終 評 価
ポケットの深さ (mm)	唇	4	4	3.5	3	2	2
	舌	3	4	3	2.5	2	1.5
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	40	20	10	15	5	7
	舌	35	42	15	13	5	10

*: p < 0.05

図 18 症例 7. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

図 19 症例 8. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

表 8 症例 7. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時		達成時 ブラー ン コ ル		ス グ ス ケ ー リ ン		再 評 価		最 終 評 価	
ポケットの 深さ (mm)	唇	4.5	4	3	3	3	3	2.5	2	2	2
	舌	4	3	3	2	2.5	2	2	2	2	2
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	+	+	+	+	+	+	+	+
	舌	±0	±0	+	+	±0	+	+	+	+	+
滲出液量 (ペリオト ロン値)	唇	47	48	20	15	11	4	8	8	10	10
	舌	62	58	35	30	11	17	8	12	5	15

*: p<0.05

表 9 症例 8. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時		達成時 ブラー コル		スグ スケー リン		再評価		最終評価	
ポケットの 深さ (mm)	唇	4.5	5	* 2 2		2 2		2 2		1.5 2	
	舌	3	5	2 2		1.5 2		1 2		1 2	
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	* + 1.5		+ 2		+ 0.5 1.5		+ 1.5 1.5	
	舌	±0	±0	+ 1		+ 1.5 1		+ 1.5 1		+ 2 1.5	
滲出液量 (ペリオト ロン値)	唇	42	45	25 24		* 10 24		8 12		10 10	
	舌	20	42	20 20		15 10		12 10		10 8	

*: p<0.05

図 20 症例 9. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

図 21 症例 10. 骨の変化量の治療 step 毎の推移

表 10 症例 9. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	ブントラロコル	達成時	スケールリング後	再評価	最終評価
ポケットの深さ (mm)	唇	5	4	3	2	2	2
	舌	4	4	2	2	1	1.5
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	±2	±1	±2	±1
	舌	±0	±0	±1	±1	±1	±2
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	38	40	25	10	10	8
	舌	46	40	28	20	12	8

* : p < 0.05

表 11 症例 10. ポケットの深さ, 付着レベル, 滲出液量の治療 step 毎の推移

		初診時	ブントラロコル	達成時	スケールリング後	再評価	最終評価
ポケットの深さ (mm)	唇	4	3	2	2	2	2
	舌	3	4	2	2	2	2
付着レベル (mm)	唇	±0	±0	±1.5	±0.5	±1.5	±0
	舌	±0	±0	±1	±1.5	±1	±1.5
滲出液量 (ペリオトロン値)	唇	35	32	15	15	5	11
	舌	45	37	20	15	12	8

* : p < 0.05

図 22 症例 9 における治療の経時的推移

図 23 症例 1 における治療の経時的推移

骨厚さ当量の変化量については、症例 1, 4, 5, 6, 7, 9 において初診時以後、最初に有意な骨変化が観察されたのはスクーリングを終了した後であり、症例 2 は再評価の時点であった。

最初の変化から以後、次の有意な変化が観察されたのは症例 1, 3, 5, 7, 10 において、再評価の時点であった。

傾向としては、オーレアリーのブラークコントロールレコードが 10% 以下に達成されてから、繰り返しのスクーリングおよびルートプレーニング処置が終了した時点もしくは初期治療が終了し、再評価を行う時期に集中していた。

初診時とブラークコントロール達成時との間に有意な変化が観察されたのは、症例 3, 10 であり、残りの症例では観察されなかった。

症例 8 においては、最初の有意な変化は最終評価時に観察された。

一方、経時的な観点から推移を観察すると症例によって異なり、初診時以後最初に有為な変化が観察されたのは初診時より 1.7ヵ月～6.6ヵ月目に起こっており、平均 4.24ヵ月であった。

また、最初の変化から以後、次の有意な変化が観察

されたのは最初の変化からさらに 1.5～4.7ヵ月後に起こっており、平均 2.55ヵ月であった。

このことより初診時以後、平均 4～7ヵ月経過までに歯槽骨に何等かの有意な変化が観察された。図 22 および図 23 は全症例の内最終評価までに経過した治療期間が最も短期間にわたった症例と、長期間にわたった症例の経時的推移を示す。

3. 歯周組織の診査

1) ポケットの深さについて

ポケットの深さについては、症例 2, 3, 5, 7, 8, 10 において初診時以後、最初に有意な変化が観察されたのはブラークコントロール達成時であった。

これは特に初診時のポケットの深さ 5 mm 以上であった部位で多く観察された。

症例 1, 6, 9 はスクーリング後、症例 4 は外科処置後であった。

最初の変化から以後、次の有意な変化が観察されたのは症例 3 においてスクーリング後、症例 6 において再評価の時点であった。

骨変化の推移と比較すると治療ステップのそれより以前で、有意な変化が既に観察された。

表 12 初診時（10 症例）と比較して有意な変化が観られた臨床評価における初期治療終了までの治療 step 毎の症例数

	初診時	ブロン ラット コントロール	スケ ー リ ン	再 評 価
骨厚さ当量		2	5	2
ポケットの深さ		6	3	0
付着レベル		6	1	2
滲出液量		8	2	0

2) 付着レベルについて

付着レベルは、症例 3, 4, 5, 8, 9, 10 において最初に有意な変化が観察されたのはブラークコントロール達成時であった。

症例 6 はスケーリングを終了した後、症例 1, 7 は再評価の時点であった。

最初の変化から以後、次の有意な変化が観察された症例はなかった。

また症例 2 は治療を通して有意な変化は観察されなかった。

骨変化の推移と比較するとポケットの変化と同様に治療ステップのそれより以前で既に有意な変化が観察された。

3) 歯肉溝滲出液について

滲出液量は症例 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 において最初に有意な変化が観察されたのはブラークコントロール達成時であった。

症例 1, 8 はスケーリングを終了した後であった。

最初の変化から以後、次の有意な変化が観察されたのは症例 2, 3, 4 において、再評価の時点、症例 6, 7, 10 において、スケーリングを終了した後であった。

また症例 4 においてはその後にも外科処置後、最終評価の時点で有意な変化が観察された。

骨変化の推移と比較するとポケットの深さ、付着レベルの変化と同様に治療ステップのそれより以前で既に有意な変化が観察された。

4. 骨の厚さ当量と歯周組織の診査状態との関係について表 12 に示す。ブラークコントロール達成時にはポケットの深さ、付着レベル、滲出液量変化が多くの症例に観られていた。すなわちブラークコントロール達成時では、ポケットの深さは 10 症例中 6 例に、付着レベルは 10 症例中 6 例に、滲出液量は 10 症

例中 8 例にそれぞれ有意な改善が観られていたが、骨の厚さ当量は 10 症例中 2 例であった。しかし、スケーリング後についてみると歯周組織の診査状態の変化は少なかったが、骨の厚さ当量の改善は 10 症例中 5 例に観られた。

考 察

適正な歯周治療を施すと歯槽骨の再生が認められるという過程を研究したものは数多くある。

最近、成人性歯周炎は連続的に徐々に進行していくのではなく、進行期と静止期を様々な経過をたどり、進行していくことが報告されている²⁷⁻³¹⁾。しかしながら治療過程においては、ある程度の骨の再生が認められるのは明らかであるが、どのような処置が行われれば、どの時期にどのような変化をするかは明らかではない。

多くの報告の殆どは、X線フィルム上で検討されてきている。この方法はフィルムを介するために、フィルムの感度、現像の条件、軟組織など、様々な影響が関与していると考えられ、微細な変化には対応しがたいと思われる。

野田³²⁾は根尖病巣の治療過程を口内法によるX線写真の写真濃度の変化から定量的に把握することを試み、写真濃度の変化は、X線線量の大小に極めて敏感に影響し、軟組織の存在は病巣の写真濃度に大きな影響を与えるとしている。

石原⁹⁾は歯周疾患の治療後の歯槽骨の変化をX線写真の黒化度の変化で追求する際には、軟組織の存在を無視することはできないとしており、影響の因子として、軟組織の厚みと散乱線が考えられることを明らかにした。

さらに Hausmann ら^{33,34)}はヒト乾燥骨を用い、臼歯部の隣接面部の歯槽骨を削除し、骨塩量の定量分析を γ 線である¹²⁵Iによるフォトン量による方法と、Bjorn テクニックによるX線フィルム上での測定と比較検討したところ、 γ 線による方法では実際の変化量により近い値を示したが、X線フィルムによる方法では、30%以下の骨変化量は実際の変化量よりも、より少量の変化として探知し、60%以上の変化に際しては、より多量の変化として算出するために微細な変化量に対応しにくいことを証明した。

単一エネルギーである、 γ 線を放出するRI線源を用いて直接、骨の変化量を計測する方法は1963年、J.

R. Cammeron と J. Sorenson³⁵⁾ によって開発され、① 単一エネルギーからの放射線を有効にコリメートすることができる。② コリメートされた γ 線をシンチレーションにより直接計測することができる。③ 軟組織を水、MIX-D 等の軟組織類似のファントムに置換することができ、あいまいさが少ないなどの特徴をもっており、非常に誤差の少ない計測が可能であり、X線写真による黒化度の分析が 20~30% の測定誤差を生ずるのに比べて、その測定誤差は 2~3% の範囲である^{36~39)}。

¹³³Ba を線源とする装置を今回臨床において応用したが、歯周炎患者において歯槽骨の微細な変化を正確にとらえるためには、再現性が重要である。そこで、これまで使用されてきている口内法による X線規格撮影装置^{40,47)}を参考とし、できるだけ精度の高い装置を臨床実験に際し開発した⁴⁸⁾。

本実験に用いた測定領域をコリメートする測定では、線量が少ないので、ある程度以上の計数統計を得ようとするれば、どうしても長時間のフォトンを取り込み、測定しなければ一定の安定性は得られない。このような点を考慮し、線源と被験体との距離を 5 cm とし、120 秒間に 0 点におけるフォトンの取り込み量を 5 万~10 万カウント取り込むように ROI を設定し、一定の安定性を得た。また、マルチチャンネルアナライザーは定電圧装置及び雑音除去装置を予め、内部に組み込まれているので、できるだけライン電源の変動の少ない場所を選び安定性の充実に図った。

特に、本実験のように長期に渡って観察する場合、歯周治療の流れの上で、ある計測時点における精度を高くするために、 γ 線が全く歯槽骨により吸収されなかった場合 (0 点)、歯槽骨により吸収された場合 (セット時)、それぞれを同日に 3 回ずつ計測した。その結果、基本的な予備評価では変動系数は 3% 以内であった。臨床症例による結果は 5% 以内であり、高い精度を示した。

Hausmann ら²⁶⁾ は ¹²⁵I を用いて健康な歯周組織を有する被験者において、歯槽骨のミネラル量を経時的に算定したが、生理学的な remodeling に要する時間は 1~2 ヶ月であると述べている。さらに歯周炎患者において 11 ヶ所の部位の歯槽骨頂部において調査した結果、処置後、2 ヶ月目までに有意な変化が生じたのは 3 ヶ所であり、2~4 ヶ月後に有意な変化が生じたのは 8 ヶ所であったと報告している。

J. Bergström と Henrikson ら⁴⁹⁾ はヒトで ¹²⁵I を用

いて歯根に対して平均 75% の歯槽骨レベルを有する者を歯周治療の流れである外科処置前後の歯槽骨頂部のミネラル量を分析した。その結果、歯肉剥離掻爬術や歯肉切除術などの外科的踏襲後、3 ないし 4 週後に術前のミネラル量と比較すると平均 10~15% のロスが起こり、術前の状態に戻るには 4~6 ヶ月かかると述べている。

Henrikson²⁵⁾ は歯肉切除術後の歯槽骨のミネラル量を患者において術後の変動を経時的に観察し、術前の骨量を 100% とすると、すべての症例において、最初の 1 週目で平均 12% の有意なロスが起こったと述べている。

また、ある測定部位では最高 50% のミネラルロスが起こっており、4 週目まで続いていた。すべてのケースにおいて 4~5 ヶ月でほぼ術前の状態に戻っていると報告した。

本研究では、 γ 線による歯槽骨頂部の変化は、スケーリング後、あるいは再評価時のいわゆる、繰り返しのインスツルメンテーション後に観察され、治療期間の経時的変化に照らしあわせてみると、初診時より、2 ヶ月~7 ヶ月目に起こっており、平均 4 ヶ月であった。また、最初の変化から以降にも有意な変化が観察され、最初の変化からさらに 2 ヶ月~5 ヶ月目で、平均 3 ヶ月であり、他の研究と同様に骨の再生には 2 ヶ月~7 ヶ月を要すると思われる。特に再評価の時点で、有意な変化が観察される部位はスケーリング後の最初の変化から以後次の有意な変化が起きている部位であり、変化量も少ないことからスケーリング後のインスツルメンテーションの処置期間の日数にはさほど影響されることがわかる。

歯周治療を行っていく上で、初期治療の果す役割は大きく、近年、初期治療の大きな柱であるプラークコントロール、またはスケーリングのみによって歯周組織に著明な改善が生じることはいくつかの研究で明らかにされている^{50,57)}。歯周疾患の最大の原因は、プラークであり、これを除去することが、歯周組織の改善にとっては、必須条件であることは周知のことであるが、プラークを治療を通してある一定のレベルに維持することが、適正な治療にとってさらに大切である。

O'Leary⁵⁸⁾ はプラークコントロールレコードを 10% 以下にするように指導することが必要であると述べている。本研究においてはプラークコントロールレコードが 10% 以下になってからスケーリングを開始し、来院毎に必ずスコアを記録し常に 10% 以下を

目標とし、これを維持するように努めた。従ってブラークコントロールをある一定のレベルに保った上でのインストルメンテーションの効果は大きいものと思われる。

スケーリング、ルートプレーニングなどのインストルメンテーションは、歯周組織の修復と付着を促進させるため、初期治療における重要な処置であることは言うまでもない。Waerhang⁵⁹⁾はポケットの深さが3 mm以内の場合、歯肉縁下ブラークを完全に除去できる確立は高く、3~5 mmでは完全に除去できる可能性よりも取り残す可能性が高く、さらに5 mmを越えるものでは取り残す確率が非常に高くなることを報告している。

本研究ではポケットの深さについては、再評価の時点でポケットが残った測定部位は、初診時5 mm—再評価時3 mm、初診時7 mm—再評価時3 mm、初診時4 mm—再評価時4 mm、初診時4.5 mm—再評価時2.5 mmの4カ所であり、深いポケットほど取り残す傾向にあった。しかし、最終評価の時点では全測定部位において、2.5 mmないしは1 mmにまで減少していた。

Hausmann²⁶⁾は、骨の再生とアタッチメントレベルとの相関は平均して、少ない相関がみられ、炎症の度合いが高い測定部位ほど高いと述べている。さらにHammerle⁶⁰⁾はアタッチメントレベルと炎症との相関は証明しがたく、プローベの圧力や他の要因により直接的に現れているとは言い難いとしている。

初期治療後における（初診時のポケットの深さが4~6 mmのとき）、ブラッシング、スケーリング処置後の付着レベルの変化については、Lindhe⁶¹⁾は 0.4 ± 0.2 mm、Hill⁶²⁾は 0.25 ± 0.61 mmとしている。本研究では 0.38 ± 0.22 mm~ 1.63 ± 0.96 mmの範囲であり、ポケットの深さにより異なっていた。これらの値の相違は本研究においては、測定部位を前歯部に局限していたことに起因すると思われる。

炎症の消退の初期を極めてよく反映する指標としては歯肉溝滲出液量の計測が有効であることが示されているが^{63~65)}、本研究では炎症の消退の時期と骨再生を検討してみると、歯肉溝滲出液量との間に深い相関が観察された。このことは歯肉炎症と歯槽骨吸収との間に関係があることを示唆していると思われる。

最後に歯周病の骨変化量を長期にわたって経過観察する際に注意しなければならないことは放射線の線量の考慮であるが、本研究において使用した¹³³Baは放

射性同位元素の中でも、比較的半減期が長く、X線フィルムを使用する方法と比較して、測定領域が直径2 mmと非常に小さいことは被ばく線量を少なくし、繰返しの測定が可能であり、今後の有用性が示唆されると思う。

結 論

歯周治療の影響を観察するために、歯槽骨頂部の変化を γ 線を用いて臨床実験を行った結果、以下のようことがわかった。

1. γ 線の減弱による骨変化量が最も顕著に観察されたのはスケーリング後ないしは再評価の時点であった。

2. ポケットの深さ、付着レベル、滲出液量の変化はブラークコントロール達成時ないしはスケーリング後に顕著な変化が起こる傾向にあった。

3. 経時的な観点から骨の変化を観察してみると、通算の治療期間は、10ヵ月~18ヵ月に及んでいたが、初期治療後2ヵ月から7ヵ月の間に変化が起こっており、平均4ヵ月であった。

これらのことから、ブラッシングの徹底を基にしたスケーリング、ルートプレーニングなどのインストルメンテーションが適正に成されれば歯周治療の流れの中で骨に変化が起こることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜りました鹿児島大学歯学部歯科保存学講座(2)末田 武教授に謹んで感謝いたします。また本研究の遂行に際し、御指導と御校閲を賜りました本学歯科放射線学講座野井倉武憲教授に心より感謝の意を表します。

最後に本研究に御協力いただいた歯科保存学講座(2)教室員各位に対し深く感謝いたします。

文 献

- 1) Schei, O., Waerhaug, J., Lovdal, A. and Arno, A.: Alveolar bone loss as related to oral hygiene and age. J. Periodontol., 30: 7-16, 1959.
- 2) 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.
- 3) Boyle, W.D. JR., Via, W.F.JR. and McFall, W.T.

- JR.: Radiographic analysis of alveolar crest height and age. *J. Periodontol.*, 44 : 236-243, 1973.
- 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) Lang, N.P. and Hill, R.W.: Radiographs in periodontics. *J. Clin. Periodontol.*, 4 : 16-28, 1977.
- 6) Goodson, J.M., Haffajee, A.D. and Socransky, S. S.: The relationship between attachment level loss and alveolar bone loss. *J. Clin. Periodontol.*, 11 : 348-359, 1984.
- 7) Rise, J. and Albander, J.M.: Rattern of alveolar bone loss and reliability of measurements of the radiographic technique. *Acta Odontol. Scand.*, 46 : 227-232, 1988.
- 8) Plotnick, I.J., Beresin, V.E. and Simkins, A.B.: Study of in vivo radiographic densitometry. *J. Dent. Res.*, 49 : 1034-1041, 1970.
- 9) 石原彰恭: X線検査による歯槽骨の客観的評価について。(軟組織の画質の及ぼす影響). *口病誌*, 43 : 279-292, 1976.
- 10) 鈴木祐平: 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.
- 11) 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: 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. *日歯周誌*, 28 : 1144-1152, 1986.
- 12) Payot, P., Haroutunian, B., Pochon, Y., Herr, P., Bickel, M. and Cimasoni, G.: Densitometric analysis of lower molar interradicular area in superposable radiographs. *J. Clin. Periodontol.*, 14 : 1-7, 1987.
- 13) Gröndahl, H.G., Gröndahl, K. and Webber, R. L.: A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral Surg.*, 55 : 208-213, 1983.
- 14) Hausmann, E., Christersson, L., Dunford, R., Wikesjö, U., Phyto, J. and Genco, R.J.: Usefulness of subtraction radiography in the evaluation of periodontal therapy. *J. Periodontol.*, Supplement, Special issue : 4-7, 1985.
- 15) 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.
- 16) McHenry, K., Hausmann, E., Wikesjö, U., Dunford, R., Lyon-Bottenfield, E. and Christersson, L.: Methodological aspects and quantitative adjuncts to computerized subtraction radiography. *J. Periodont. Res.*, 22 : 125-132, 1987.
- 17) 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.
- 18) Brägger, U.: Digital imaging in periodontal radiograph. A review. *J. Clin. Periodontol.*, 15 : 551-557, 1988.
- 19) Ohki, M., Okano, T. and Yamada, N.: A contrast-correction method for digital subtraction radiography. *J. Periodont. Res.*, 23 : 277-280, 1988.
- 20) Schmidt, E.F., Webber, R.L., Ruttimann, U.E. and Loesche, W.J.: Effect of periodontal therapy on alveolar bone as measured by subtraction radiography. *J. Periodontol.*, 59 : 633-638, 1988.
- 21) 米良豊常: デジタルサブトラクション法による歯槽骨変化の評価. *日歯周誌*, 31 : 129-146, 1989.
- 22) Janssen, P.T.M. and van Aken, J.: Problems around the in vitro and in vivo application of quantitative digital subtraction radiography. *J. Clin. Periodontol.*, 16 : 323-330, 1989.
- 23) Brägger, U. and Pasquali, L.: Color conversion of a alveolar bone density changes in digital subtraction images. *J. Clin. Periodontol.*, 16 : 209-214, 1989.
- 24) Janssen, P.T.M., van Palenstein Helderman, W.H. and van Aken, J.: The detection of in vitro produced periodontal bone lesions by conventional radiography and photographic subtraction radiography using observers and quantitative digital subtraction radiography. *J. Clin. Periodontol.*, 16 : 335-341, 1989.
- 25) Henrikson, C.O.: Alveolar bone mass using ¹²⁵I absorptiometry. *J. Periodontol.*, Supplement, Special issue : 30-34, 1979.
- 26) Hausmann, E., McHenry, K., Christersson, L., Rosling, B. and Ortman, L.F.: Techniques for assessing alveolar bone mass changes in periodontal disease with emphasis on ¹²⁵I absorptiometry. *J. clin. Periodontol.*, 10 : 455-464, 1983.
- 27) Goodson, J.M., Tanner, A.C.R., Haffajee, A.D., Sornberger, G.C., and Socransky, S.S.: Patterns of progression and regression of advanced destructive periodontal disease. *J. Clin. Periodontol.*, 9 : 472-481, 1982.
- 28) Haffajee, A.D., Socransky, S.S. and Goodson, J. M.: Comparison of different data analyses for detecting changes in attachment level. *J. Clin. Periodontol.*, 10 : 298-310, 1983.
- 29) Socransky, S.S., Haffajee, A.D., Goodson, J.M. and Lindhe, J.: New concepts of destructive periodontal disease. *J. Clin. Periodontol.*, 11 : 21-31, 1984.
- 30) Hutchens, Jr. L.H.: An overview of a conference on "implication of periodontal research on periodontal education". *J. Periodontol.*, 56 : 562-564, 1985.
- 31) Ralls, S.A. and Cohen, M.E.: Problems in identifying "bursts" of periodontal attachment loss. *J. Periodontol.*, 57 : 746-752, 1986.
- 32) 野田知稔: 根尖病巣のX線写真による定量的観察に

- 関する基礎的研究. 口病誌, 44 : 236-252, 1977.
- 33) Hausmann, E., Ortman, L.F., McHenry, K. and Fallon, J. : Relationship between alveolar bone measured by ^{125}I absorptiometry with analysis of standardized radiographs. : 1. Magiscan. J. Periodontol., 53 : 307-310, 1982.
 - 34) Ortman, L.F., McHenry, K. and Hausmann, E. : Relationship between alveolar bone measured by ^{125}I absorptiometry with analysis of standardized radiographs : 2. Bjorn technique. J. Periodontol., 53 : 311-314, 1982.
 - 35) Cameron, J.R., Mazess, R.B. and Sorenson, J.A. : Precision and accuracy of bone mineral determination by direct photon absorptiometry. Invest. Radiol., 3 : 141-150, 1968.
 - 36) Cameron, J.R. and Sorenson, J. : Measurement of bone mineral in vivo : An improved method. Science, 142 : 232, 1963.
 - 37) Johnston, C.C. JR., Smith, D.M., Yu, P-L. and Deiss, W.P. JR. : In vivo measurement of bone mass in the radius. Metabolism, 17 : 1140-1153, 1968.
 - 38) Henrikson, C.O. and Bergstrom, J. : Quantitative long-term determinations of the alveolar bone mineral mass in man by ^{125}I absorptiometry. I. Accuracy and precision of the method. Acta Radiol. Ther., 13 : 377-392, 1974.
 - 39) 高良憲明, 藤原副満, 横田 誠, 末田 武, 野井倉武憲 : γ 線の減弱による歯槽骨の変化の測定に関する研究—測定系の精度について—. 日歯周誌, 32 : 214-223, 1990.
 - 40) 川崎 仁 : 口内法による個体X線規格撮影とその歯周疾患治療への応用. —とくに高度の歯槽骨破壊をもつものの治療後の歯槽骨の変化について—. 口病誌, 34 : 164-180, 1967.
 - 41) Plotnick, I. J., Beresin, V. E. and Simkins, A.B. : A technique for standardized serial dental radiographs. J. Periodontol., 42 : 297-299, 1971.
 - 42) Duinkerke, A.S.H., van de Poel, A.C.M., van der Linden, F.P.G.M., Doesburg, W.H. and Lemmens, W.A.J.G. : Evaluation of a technique for standardized periapical radiographs. Oral. Surg., 44 : 646-651, 1977.
 - 43) Duckworth, J.E., Judy P.F., Goodson, J.M. and Socransky, S.S. : A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. J. Periodontol., 54 : 435-440, 1983.
 - 44) Beyer-Olsen, E.M. and Eggen, S. : Evaluation of the reproducibility of two bitewing techniques by means of a microdensitometric recording method. Oral Surg., 55 : 103-107, 1983.
 - 45) Grönhahl, K., Gröndahl, H.G. and Webber, R.L. : Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. A comparison between subtraction radiography and conventional radiographic technique. J. Clin. Periodontol., 11 : 411-420, 1984.
 - 46) van der Stelt, P.F., van der Linden, L.W.J., Ger-aets, W.G.M. and Alons, C.L. : Digitized image processing and pattern recognition in dental radiographs with emphasis on the interdental bone. J. Clin. Periodontol., 12 : 815-821, 1985.
 - 47) Nery, E.B., Olson, J.W., Henkin, J.M. and Kalb-fleisch, J.H. : Film-holder device for radiographic assessment of periodontal tissues. J. Periodont. Res., 20 : 97-105, 1985.
 - 48) 高良憲明, 横田 誠, 末田 武, 野井倉武憲 : X線規格撮影に関する研究. 日歯保誌, 27 : 215-221, 1984.
 - 49) Bergström, J. and Henrikson, C.O. : Quantitative long-term determinations of the alveolar bone mineral mass in man by ^{125}I absorptiometry. II. following periodontal surgery. Acta Radiol. Ther., 13 : 489-500, 1974.
 - 50) Knowles, J.W., Burgett, F.G., Nissle, R.R., Shick, R.A., Morrison, E.C. and Ramfjord, S.P. : Results of periodontal treatment related to pocket depth and attachment level. Eight years. J. Periodontol., 50 : 225-233, 1979.
 - 51) Morrison, E.C., Ramfjord, S.P. and Hill, R.W. : Short-term effects of initial, nonsurgical periodontal treatment (hygienic phase). J. Clin. Periodontol., 7 : 199-211, 1980.
 - 52) Lindhe, J., Westfelt, E., Socransky, S.S., Heijl, L. and Bratthall, G. : Healing following surgical/non-surgical treatment of periodontal disease. A clinical study. J. Clin. Periodontol., 9 : 115-128, 1982.
 - 53) Lindhe, J., Socransky, S.S., Nyman, S., Haffajee, A. and Westfelt, E. : "Critical probing depth" in periodontal therapy. J. Clin. Periodontol., 9 : 199-211, 1980.
 - 54) Pihlstrom, B.L., Oliphant, T.H. and McHugh, R. B. : Molar and nonmolar teeth compared over 6 1/2 years following two methods of periodontal therapy. J. Periodontol., 55 : 499-504, 1984.
 - 55) Badersten, A., Nilveus, R. and Egelberg, J. : Effect of non-surgical periodontal therapy. VI. Localization of sites with probing attachment loss. J. Clin. Periodontol., 12 : 351-359, 1985.
 - 56) 吉江弘正, 土田和由, 清水光雄, 原 耕二 : コンピュータシステム導入による歯周初期治療効果の解析. 日歯周誌, 28 : 299-307, 1986.
 - 57) 横田 誠, 久保浩二, 末田 武 : 初期治療後の歯種や部位による歯周ポケット減少の反応性. 日歯周誌, 31 : 930-940, 1989.
 - 58) O'Leary, T.J., Drake, R.B. and Naylor, J.E. : The plaque control record. J. Periodontol., 43 : 38, 1972.
 - 59) Waerhaug, J. : Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II : As observed on extarcted teeth. J. Periodontol., 49 : 119-134, 1978.

- 60) Hämmerle, C.H.F., Ingold, H-P and Lang, N.P. : Evaluation of clinical and radiographic scoring methods before and after initial periodontal therapy. *J. Clin. Periodontol.*, 17 : 255-263, 1990.
- 61) Lindhe, J. and Nyman, S. : Scaling and granulation tissue removal in periodontal therapy. *J. Clin. Periodontol.*, 12 : 374-388, 1985.
- 62) Hill, R.W., Ramfjord, S.P., Morrison, E.C., Appleberry, E.A., Caffesse, R.G., Kerry, G.J. and Nissle, R.R. : Four types of periodontal treatment compared over two years. *J. Periodontol.*, 52 : 655-662, 1981.
- 63) Cimasoni, G. : The crevicular fluid. *Monographs in oral science*. vol. 3, Basel, S. karger, 1974, 1-122.
- 64) Hancock, E.B., Cray, R.J. and O' Leary, T.J. : The relationship between gingival crevicular fluid and gingival inflammation. A clinical and histologic study. *J. Periodontol.*, 50 : 13-19, 1979.
- 65) Tsuchida, K. and Hara, K. : Clinical significance of gingival fluid measurement by "Periotron". *J. Periodontol.*, 52 : 697-700, 1981.

連絡先 :

鹿児島大学歯学部歯科保存学講座 (2)

〒 890 鹿児島市桜ヶ丘 8-35-1