根尖部炎症病巣による歯槽骨変化のラベリング法 とマイクロラジオグラフィーによる研究

会 田 泰 久

日本歯科大学歯学部保存学教室第Ⅰ講座・病理学教室

〔受付：昭和52年9月29日〕

抄録：根尖部炎症病巣による歯槽骨変化の研究にあたって、従来、観察範囲は、主に根尖病巣周囲に局限されていた。しかし、根尖病巣の存在による歯槽骨の変化を、その周囲に留まらず、極めて広範囲にわたって観察しようとするのが本研究の目的である。犬の下顎第4小臼歯に、実験的に根尖病巣をおこさせた。なお、実験期間（45日から206日間）をいくつかの期間帯に分けて、2色の硬組織ラベリング剤（テトラサイクリンとカルセイン）の連続投与によるラベリングを行った。屠殺後、犬歯から第1大臼歯遠心側におよぶ大研磨片を作製し、蛍光顕微鏡法とマイクロラジオグラフィーにより対照側と比較観察した。

その結果、根尖病巣附近における骨吸収の他に、その部分を中心とした極めて広い範囲（第1小臼歯近心側から第1大臼歯遠心側にまでおよぶほど）に、骨の内部改造の著明な変調が起こるのが観察された。

I. 緒 言

齦蝕症は、辺縁性歯周炎とともに、歯科二大疾患の一つとされている。齦蝕症に罹患し、そのまま放置すれば、やがて歯髄炎を継発し、更に、根尖性歯周炎を惹起することになる。従来より根尖部炎症病巣については、病理組織学的、並びに、放射線学的研究がある。

病理組織学的研究の全ては、脱灰染色切片によるもので、また、その観察対象は、根尖病巣とその周囲に極めて局限されたものであった。しかし、根尖部で炎症病巣が成立し、存在する過程において、その周囲の歯槽骨には、吸収のみならず、他方では新しい骨質の形成が進行しており、即ち、内部改造の変化によって骨構造は新しい病的条件に対応しようとしていることが、また、それは病巣周囲に留まらず、はるか遠隔の部にまでおよんでいることが想像される。

すでに、限られた歯牙に加わる様々な機能条件の変化によって、歯槽骨の極めて広い範囲にまで変化が現われることについては、本学の病理学教室において、系統的な検索が行われて来た。これらの研究にあたっては、硬組織ラベリング剤による時刻描記法を行うことにより、骨の内部改造現象の変調を、経日的に観察し、また、マイクロラジオグラムを撮影することによって骨構造と石灰化像の変化を観察し、更に、それぞれを比較検討している。

本研究でも、根尖部における炎症病巣の成立により、どのような変化が、顎骨のどれほどの範囲に、どれほどの期間にわたって起こるかを検索するため、実験動物として犬を用い、実験期間中、2色のラベリング剤の投与による時刻描記を行い、更に、下顎の犬歯より第1大臼歯遠心側にまでおよぶ大研磨片を作製し、蛍光顕微鏡法とマイクロラジオグラフィーにより比較観察を行った。

Studies on the changes of alveolar bone following the experimentally produced periapical lesion, by means of labelling method and microradiography.

Yasuhisa AIDA (Department of Conservative Dentistry and Department of Pathology, Nippon Dental University, Tokyo.)

東京都千代田区富士見 1-9-20 (〒112)

Jap. J. oral Biol., 20 : 39-66, 1978.

根尖部の炎症病巣に関連して、このような観察は、未だかつて行われたことはない。

II. 実験材料と方法

1. 実験材料

実験動物は、体重 6～15kg の健康な雑種成犬 13頭を用いたが、雌雄は問題にらなかった。年齢は不明であるが、歯牙の萌出状態、ならびに歯石の沈着、咬耗等により、生後 1年から 3年半頃と推定した。

2. 実験方法

A. 実験部位、および、実験処置の方法

本実験では、下顎第 4 小臼歯が第 3 小臼歯を用いた。下顎骨は、上顎歯列弓と異なり彎曲に乏しく、そのため、一枚の大研磨片上に犬歯から第 1 大臼歯までを得ることができる。

実験前に、体重 1kg あたり 25.6mg のペントバルビタールナトリウム注射液 (ソムノペンチル, Pitman-Moore 社) で静脈内麻酔を施し、その後、下顎の第 4 小臼歯が第 3 小臼歯を選びダイヤモンドポイント (S2) で、歯質を削除し露髄させた。その際、咬頭頂を削除することのないよう注意した。露髄をリーマー (# 25～# 50・ジッパー社製) で確認した後、ラウンドバー (# 1/2) を穿孔部より挿入し歯冠部歯髄の切除を行った。その際、髄床底への穿孔を起こさぬよう極力注意をはらった。その後、クレンザー (No. 1) を用い根部歯髄の粉碎に努めた。それらの処置後、開放したままとし自然感染させ放置した。咬頭頂を削去しなかったのは、対合歯との咬合を保ち、咀嚼機能喪失による歯槽骨変化が起こることをさけるためである。反対側の下顎を対照側として観察に供した。

B. 螢光物質による骨組織のラベリング

本実験では、2色の硬組織ラベリング剤による時刻描記を行った。用いられたラベリング剤は、テトラサイクリンとカルセインである。

(1). テトラサイクリン (Tetracycline) (以下 T.C. と略)

筋注用の結晶塩酸テトラサイクリン (アクロマイシン, Lederle, 武田製薬) を用いた。注射量は、2%の溶液を作成し、それを動物の体重 1kg 当たり 20mg の割合で皮下注射した。

(2). カルセイン (Calcein) (以下 Cal. と略)

3・3'-Bis [N・N-di (carboxymethyl)-amino-methyl]-fluorescein (和光純薬工業) を用いた。注射量は、2%溶液を作成し、それを動物の体重 1kg 当たり 8mg の割合で皮下注射した。

螢光顕微鏡下では、T.C. によってラベルされた部位は黄色、Cal. による部位は緑色の螢光を発する。

形成速度の遅い骨にも十分な幅をもってラベルさせるため、吸収の比較的遅い皮下注射を行い、また、注射間隔は 3.5 日として連続投与した。

C. ラベリング剤の投与の期間割について

各種ラベリング剤の投与期間とその順序は、実験動物により異なる。それは、ラベリング像を示す各図に示してあるが、基本方式は、次の 2通りである。

(1). 先ず、感染開始 (歯髄腔開放) 前の一定期間に、1種類のラベリング剤を連続投与しておく。それによって生理的条件下で、その間形成された骨の分布が、感染開始 (歯髄腔開放) 後、2次的にどのように変化するかを知ることができる。次いで、感染開始後の一定期間、他のラベリング剤を連続投与する。これによって、感染開始後、新たに形成された骨の分布を知ることができる。

(2). 感染開始直後から屠殺するまでの期間を 3段階に分け、そのうちの 2段階には、2種類のラベリング剤を、おのおの連続投与し、残りの 1段階では無投与のままにする。これによって、感染開始後の長期にわたる骨の動向を把握することができる。

実験動物は、感染開始 (歯髄腔開放) 後、(1) では、22, 24, 46, 61, 64, 89, 100, 180, 184 日目に、(2) では、64, 96, 145日目に全身麻酔により屠殺された。

D. 試料の作製

屠殺後、直ちに顎骨を離断し、10%中性ホルマリンで固定した。その後、下顎骨全体の X線写真を撮影しておく。次いで、アルコール系列での脱水、stylen monomer を通過、polyester resin に浸漬、包埋の上、重合、硬化された。この方法は、須賀 (1966)⁴⁰⁾ の記載のごとくである。

それらは、研磨法により下顎犬歯より第 1 大白

歯の遠心側を含む近遠心的縦断大研磨片(厚さ約80 μ m)とされた。

E. 観察方法

(1) マイクロラジオグラフィーによる石灰化像の観察

先ず、マイクロラジオグラムの撮影を行った。装置は、ソフテックス社製コンタクトマイクロラジオグラフィー装置 CMS の特別仕様型である。撮影条件は、管球の Cu ターゲットから乳剤面まで距離を20cm とし、加速電圧19kV、管電流10mA で、露出時間は3.5分である。感光材料としては、Eastman Kodak 社の spectroscopic plate 649-O を用いた。現像は、Kodak 社処方 of 現像液 D-158 で、20°C、5分間行った後、停止、定着、水洗、乾燥の上、カバーガラスとカナダバルサムで被った。これを、マクロ写真撮影装置、Multi-photo (日本光学社製) を用い、白黒フィルム(富士フィルム社、Neopan-F) で拡大撮影した。

(2) 蛍光顕微鏡によるラベリング像の観察

大研磨片を Nikon 蛍光顕微鏡 SUR-F 型(日本光学社製)を用い、BV 励起法を用いて撮影した。フィルムは Kodak 社の Kodacolor II を用いた。このネガより作られたカラープリントを台紙上に貼り合わせ、大研磨片の全体像を構成した。

しかし、これでは、骨質部での真のラベリング部位を一目で軟組織での固有蛍光と鑑別するのは困難である。そこで、貼り合わせたカラープリント上にポリエステルフィルムを置き、T.C. でラベルされた部を赤色、Cal. の部を緑色の製図用インクでトレースした。

以上の方法により得られたマイクロラジオグラム像とトレーシング図とを比較して所見の解析をすすめた。

III. 観察成績

所見を説明する前に、歯槽骨の構造について簡単に述べる。歯槽骨は、その咀嚼に伴う機能圧に対応した構造を有している。つまり、歯根に面する幅狭い固有歯槽骨と、それより深層の支持骨よりなる。支持骨は、口腔粘膜下で外形を整える皮質骨とそれと固有歯槽骨との間を埋める海綿骨よりなる。骨は、組織学的に、基質線維が規則正しい配列

をする層板骨と、不規則な線維骨に分けられる。

マイクロラジオグラムによると、骨質は、それが形成されてからの日数の違い、石灰化度の違いとして観察される。それが示す骨の分布像は、個体の屠殺時までのミネラル分布の総和であって、それから、特定期間内に形成された骨の分布をとらえることはできない(須賀, 1978³⁹⁾)。そこで、ラベリング剤による時刻描記法が用いられている。しかし、T.C. のラベリングによると、骨では2つのタイプのラベリングが見られる。第1は、石灰化前線に沿った線状の高濃度ラベリングで、第2は、深層の部分の diffuse な低濃度のラベリングである(須賀, 1965³⁸⁾)。今回は、第1のタイプのラベリングの分布のみを観察の対象とした。

A. 3週間群

この群では、2匹の犬を用いた。各々のラベリングのスケジュールは、タイムテーブル1のごとくである。

タイムテーブル1

本実験で使用された犬の歯の髄腔壁には、実験期間中形成された象牙質がラベリング剤(感染開始前の T.C. と、その後の Cal.)によって2層(外側が T.C., 歯髄側が Cal.)に幅広くラベルされている。また、骨梁の分布密度が、比較的低いことなどからして、これらの犬は、比較的若い個体であると思われる。

A-1: (図1, 2)

マイクロラジオグラムの所見では、対照側と比較して、実験歯(第4小臼歯)の根尖部周囲の固有歯槽骨の輪郭に変化がなく、骨梁の分布密度にはっきりした差異は認められない。実験歯は、歯冠部遠心方向より髄腔に穿孔されている(図1-a, 2-a)。

感染開始後投与された Cal. でラベルされた骨梁の分布密度は、対照側に比し、実験歯の槽内中隔の歯槽骨内部(近心壁の固有歯槽骨も含む)や近心側の槽間中隔部内部、遠心側の槽間中隔部(内部、および、近心壁、遠心壁の固有歯槽骨)や犬歯

図 1 感染開始後3週目 (A-1) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

の遠心側より第3小臼歯遠心側まで、下顎管上縁にそって著明である。それに対し、感染開始前に投与された T.C. でラベルされた部分は、対照側に比して、Cal. でのラベル部が増加した範囲（ただし、犬歯の遠心側から第3小臼歯の遠心側まで、下顎管上縁にそった部分では除く）において減少している（図1-b, 2-b）。

また、マイクロラジオグラムの所見で、骨梁の分布密度に差異がみられないことから、実験歯の槽内中隔と近心および遠心の槽間中隔部では、感染開始前投与の T.C. でラベルされた骨の吸収と、そ

の後の Cal. でラベルされた骨の形成の亢進により、内部改造の活発化が推測される（図1, 2）。

実験歯の髓腔壁も、T.C. と Cal. の両方でラベルされている。このことは、感染処置後も歯髄は生活をつづけていたことを示している（図2-b）。

A-2

対照側において、犬歯より第2小臼歯の近心側までが、大研磨片作製中に破折消失したので、その部分は、実験側と比較することはできない。

マイクロラジオグラムによれば、実験歯の根尖部周囲をとり囲む固有歯槽骨の輪郭に変化は見ら

図 2 感染開始後3週目 (A-1) の下顎の実験側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

れない。なお、実験歯の根尖部に近い槽内中隔内部の小骨梁に、ごく僅かであるが、X線吸収度の低い針状の新生骨の形成が認められる（それらは、感染開始後投与された Cal. でラベルされている）。

ラベリング像において、Cal. によるラベル部が、対照側に比し、実験歯の槽内中隔、および、近心側の槽間中隔の歯槽骨内部（根尖より歯頸部方向に根長 $\frac{1}{4}$ の範囲）で、ごく僅かであるが増加している。しかし、対照側に比して、同様の範

囲での T.C. によりラベルされた骨梁は、さして減少していない。

実験歯の髓腔壁は、T.C. と Cal. でラベルされている。このことは、前例と同様、感染処置後も、歯髄は生活していたことを示している。

B. 1カ月半群

この実験には、2匹の犬が使用された。各々のラベリングのスケジュールは、タイムテーブル2のごとくである。

これらの犬の歯の髓腔壁のラベリング像を見る

タイムテーブル2

と、B-1では、感染開始前に投与された T. C. とその後に投与された Cal. により、それぞれ、やや幅狭いが、外側に T.C., 歯髄側に Cal. の2層をなしてラベルされている。それに対して、B-2では、歯髄腔はかなり狭く、ラベリング線はほとんど認められない。即ち、B-1は、成熟前後、B-2は、かなり年をとった犬と考えられる。

B-1 : (図 3, 4)

マイクロラジオグラムによると、実験歯の近心根、および、遠心根をとり囲む固有歯槽骨は、それらの根尖側約 $\frac{1}{3}$ の範囲で消失しており、しかも、それらより深部の骨梁も一部消失している。これは、炎症病巣の形成によるものと思われる。その消失部に面する骨梁の配列は、さほど連続性を有さず、病巣を囲む様な骨形成像はない。それらの骨梁は、さまざまな形態と方向性を有している。

その石灰化像を詳細に見ると、X線吸収度の低

図 3 感染開始後1カ月半目 (B-1) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

い新生骨の形成が、X線吸収度の高い古い骨梁の表面に、または、遊離した形で認められる。その範囲は、前方は第3小臼歯近心側から後方は第1大臼歯の近心側まで、また、下方は下顎管上縁部から上方は根の根尖側 $\frac{1}{2}$ のレベルまで、また、第2小臼歯近心側から第1大臼歯近心側にまでの下顎管上縁に面してもごく僅かだが見られる。更に、下顎管下縁部にも、前方は第3小臼歯遠心側直下から後方は第4小臼歯の近心側直下まで、かなり厚い新生骨の添加がある。

骨梁の分布密度は、実験側では、対照側に比

して実験歯の根尖部を中心として、一部の範囲で僅かに増加している。これらの新生骨は、石灰化度の高い古い骨梁をとり囲むように、または、針状に形成されており、その結果、対照側の同部位より著しく石灰化度の異なる骨質によるモザイク模様を作っている(図3-a, 4-a)。

ラベリング像を見ると、感染開始前に投与したT.C.によるラベル部は、対照側では、歯槽骨の歯根膜面や内部骨梁表面などに広く認められている(図3-b)。

それに対し、実験側では、実験歯を中心とした

図 4 感染開始後1カ月半目(B-1)の下顎の実験側の所見

- a. マイクロラジオグラム
- b. ラベリング像のトレーシング図

広い範囲、即ち、前方は第3小臼歯の近心側から後方は第1大臼歯の近心側まで、下方は下顎管上縁から上方は歯槽頂までにわたって T.C. によるラベリング部は著しく少なくなっている。それに加えて、感染後に投与した Cal. によるラベリング部が、以上とほとんど同じ範囲、および、第2小臼歯近心側より第1大臼歯近心側までの下顎管上縁にそって増加している(対照側では、歯根膜面や内部にわずかに見られるのみである)。しかも、ラベルされた骨質の幅も極めて広い。このような部位は、先に述べた新生骨の形成部位と良く一致する。また、根尖病巣に近い程、その程度は著しい。更に、下顎管下縁における新生骨も幅広く Cal. によってラベルされている(図4-b)。

これらの所見は、以上の範囲で新生骨の著しい添加ばかりでなく、それと平行して、吸収が活発に進行していたこと(内部改造の活発化)を示している。下顎管下縁の緻密骨内部のラベリング像は、実験側、対照側の間に特別な変化は見られない。

B-2

実験歯は、第3小臼歯である。マイクロラジオグラムによれば、実験歯の2根の根尖側約 $\frac{1}{3}$ の範囲の固有歯槽骨と、その深部の骨梁が一部消失しているのがわかる。その外側の骨梁では、新生骨の形成に伴って、その分布密度は、対照側に比し、やや増加している。

ラベリング像を見ると、感染開始後投与した Cal. のラベル部が、対照側に比し、実験歯の槽内中隔と近、遠心槽間中隔、更に、第2小臼歯根尖下方の海綿骨質で増加している。一方、同じ範囲で、感染前に投与した T.C. のラベル部が、対照側に比し、わずかに減少している。以上の変化の起こる範囲と程度は、B-1 に比して、はるかに狭い。

C. 2カ月群

この実験には、2匹の犬が使用された。各々のラベリングのスケジュールは、タイムテーブル3のごとくである。

タイムテーブル3

これらの犬の歯の髓腔壁のラベリング像は、C-1では、感染開始前の T.C.、その後の Cal. により各層幅狭くラベルされている。C-2では、歯髓腔はかなり狭く、ラベリング線はほとんど認められない。即ち、C-1は、成熟後まもない犬、C-2は、かなり年をとった犬と考えられる。

C-1

マイクロラジオグラムによると、実験歯の根尖をとり囲む固有歯槽骨は、近心根の近心壁で根尖側 $\frac{1}{3}$ の部に極く薄い層板を残すほか、歯槽頂まで全く消失している。また、同根の遠心壁では、根尖に局限して消失しているように見えるが、詳しく観察すると、歯槽頂にかけての固有歯槽骨の一部にも吸収が見られる。また、遠心根の近心壁の根尖側 $\frac{1}{4}$ が消失し、それより歯槽頂側の一部にも吸収がおよんでいる。同根の遠心壁では、根尖より歯槽頂にかけて消失している。以上に伴って固有歯槽骨より深部の骨梁も一部消失している。

実験歯を囲む歯槽骨内部を見ると、かなり広い範囲にわたり、X線吸収度の低い新生骨が古い骨梁表面に、または、遊離した形で各所に形成されているのが認められる。その範囲は、前方は第3小臼歯遠心側から後方は第1大臼歯近心根やや遠心側まで、また、下方は下顎管上縁部から根の根尖側 $\frac{1}{2}$ のレベルにまでおよんでいる。その他に、下顎管下縁部にも、かなり厚い新生骨の添加が、第3小臼歯遠心側直下から第1大臼歯近心側直下までにかけて認められる。

全体として、骨梁の分布密度は、実験側では、対照側に比し、実験歯の近心側より第1大臼歯の近心側まで、下顎管上縁より上方に根長 $\frac{1}{3}$ までの範囲で僅かに上昇している。

ラベリング像を見ると、感染開始前に投与した T.C. のラベル部は、対照側では、歯槽骨内部に広く認められるが、実験側では、前方は第3小臼歯遠心側から後方は第1大臼歯遠心側まで、下顎管上縁から上方は歯槽頂までの広い範囲で減少している。

一方、感染後に投与した Cal. によってラベルされた骨質が、T.C. ラベル部の消失部位にほぼ一致して大量に分布している。それらの部位では、Cal. によるラベル部が広い幅をなして古い骨

梁表面をとり囲んでいる。これらの部位をマイクロラジオグラムで見ると、実験側の骨梁は、対照側より骨梁の形は複雑化し、太さを増し、また、石灰化度の低い新生骨と石灰化度の高い古い骨梁とがモザイク模様を作っている。

以上の所見は、著しい内部改造の進行した結果像であると考えられる。下顎管下縁の緻密骨内部のラベリング像には、実験側と対照側の間に特別な変化はない。

C-2 : (図 5, 6)

マイクロラジオグラムによれば、実験歯の2根の根尖側 $\frac{1}{4}$ の範囲の固有歯槽骨、および、その深部骨梁の一部が消失している。

それより外側の骨梁では、新生骨の形成に伴い、骨梁の分布密度が、対照側に比し、前方は第2小白歯近心側から後方は第1大白歯の近心側まで、下方は下顎管上縁より各々の歯の根尖部レベルまでにわたり上昇している。ただし、実験歯では、槽内中隔と遠心槽間中隔の全域にわたって著しい上昇を示し、また、下顎管を埋める様に小さな骨梁の形成が見とめられる(図 5-a, 6-a)。

ラベリング像を見ると、対照側では、感染開始前に投与した T.C. によるラベル部がごく僅かに散在するのみで、Cal. によるラベル部も極めて少ない(図 5-b)。

実験歯周囲では、T.C. のラベル部はほとんど見られない。それに対して Cal. のラベル部が、前方は第1小白歯近心側から後方は第1大白歯遠心側までにわたって下顎管上縁より上方の歯槽頂まで(ただし、第1, 第2小白歯部では、下顎管上縁より上方は根長 $\frac{1}{2}$ の範囲)と下顎管下縁の全てで、大量に分布しているのが見られる(図 6-b)。

C-2 は C-1 に比し老犬であり、対照側では、両剤のラベリング部位が極めて少ないのに、実験側では、感染開始後の Cal. によるラベル部が、広範囲に増加しているのは注目に値する。

D. 3 カ月群

4匹の犬が用いられた。それらを、基本的に2通りの時刻描記法によって実験を行った。具体的なラベリングのスケジュールは、タイムテーブル4のごとくである。

タイムテーブル4

それらの歯の髄腔壁のラベリング像を見るとD-1は、ラベリング線が極めて狭く、成熟後しばらくたった犬、D-2は、その幅広さからかなり若い犬、D-3は、それが狭く、成熟後かなりたった犬、D-4は、幅広く、かなり若い犬と考えられる。

D-1

マイクロラジオグラムを見ると、実験歯の根尖をとり囲む固有歯槽骨は、根全長の根尖側 $\frac{1}{2}$ で消失し、更に、固有歯槽骨より深部の骨梁にも消失が見られる。骨梁の分布密度は、対照側に比し、実験歯の近心根と遠心根の間で、下顎管上縁から上方にかけて増している。その部での骨梁は、新生骨の添加を受け、対照側に比して太さを増している。

ラベリング像を見ると、対照側では、感染開始前に投与した T.C. によって歯槽骨内部の骨梁が、広い範囲にわたってラベルされているが、実験側では、それが前方は第3小白歯遠心側より後方は実験歯遠心側まで、下顎管上縁より上方に根全長の根尖側 $\frac{3}{4}$ のレベルまでの範囲で減少しているのがわかる。

それに対し、Cal. によるラベル部位は、前方は第2小白歯遠心側から後方は第1大白歯近心側まで、下顎管上縁より各々の歯の根尖レベルまで(ただし、実験歯では歯槽頂まで)の広い範囲で増加している。また、下顎管下縁でも、第2小白歯遠心側直下より第1大白歯近心側直下までの範囲で層状のラベル部が見られる。

その他に注目すべきことは、実験歯直下の下顎骨下縁の緻密骨内には、内壁を Cal. によってラベルされたオステオンが、かなり多く認められることである(対照側では、極く僅かしか見られない)。

実験歯の2根の歯頸部側のセメント質には、Cal. によるラベリング線が見られる(対照歯には見られない)。

図 5 感染開始後2カ月目 (C-2) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

D-2 : (図 7, 8, 9)

マイクロラジオグラムで特に目につくのは、実験歯の根尖周囲の固有歯槽骨の消失（根の中ほどまで）にとどまらず、その周囲の骨梁の著しい消失である。その吸収部の輪郭は円形をなし、それらの外側の骨梁は、対照側とは全く異なり、幅が太く、不規則な外形を示すが、それは、小さな骨梁が密集したものである。その小骨梁は、X線吸

収度の低い部分と高い部分の集合よりなり、それらが密集して、X線吸収度の不ぞろいな、太い骨梁を形成している（図9-a, b）。骨梁の分布密度の増加は、実験歯の槽内中隔部にとどまっている。ただし、下顎管下縁には、第2小臼歯近心側直下より第1大臼歯遠心側直下まで、全域にわたって細い骨梁が密集するようにして、厚い骨層を形成している（図7-a, 8-a）。

図 6 感染開始後2カ月目 (C-2) の下顎の実験側の所見

a. マイクロラジオグラム
b. ラベリング像のトレーシング図

ラベリング像によると、感染開始前投与の T.C. によるラベル部は、対照側では、歯槽骨全体にほぼ均一に見られるが (図 7-b, c), 実験側では、前方は第2小白歯近心側から第1大白歯近心側まで、下方は下顎管上縁より歯槽頂までの範囲で著明に減少している。また、Cal. によるラベル部は、ほぼ同じ範囲で著明に増加している。それは

特に実験歯周囲で著しい。

それとは別に、下顎管下縁に、感染開始前の T.C. によるラベル層の上に、ラベルされていない層が、更に、その上に Cal. によってラベルされた層がそれぞれ厚く形成されている。その緻密骨内部を見ると、内壁を Cal. でラベルされたオステオンが、対照側よりはるかに多いのがわかる。

図 7 感染開始後3カ月目 (D-2) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像

c. ラベリング像のトレーシング図

図 8 感染開始後3カ月目(D-2)の下顎の実験側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像

c. ラベリング像のトレーシング図

図 9 感染開始後3カ月目 (D-2) の下顎第4小臼歯の遠心根近心側のマイクロラジオグラムの強拡大

a. 対照側
b. 実験側

実験歯の髓腔壁で、T.C. によるラベル層の上に Cal. によりラベルされた薄い層があり、露髄後歯髄が、しばらく生活していたことを示している(図 8-b, c)。

D-3 : (図10, 11)

マイクロラジオグラムでは、実験歯の根尖部より上方に根全長 $\frac{1}{5}$ の範囲で、固有歯槽骨とその周囲の歯槽骨の一部が消失している。また、骨梁の分布密度は、実験歯の2根の間、下顎管上縁より上方に根長 $\frac{1}{2}$ の範囲で、対照側に比し、増加している。それらは、対照側の同部位の骨梁より太く、長い骨梁からなっている。下顎管下縁にも、厚い層状を形成する新生骨が、ほぼ第2小臼歯遠心側直下より第1大臼歯近心側直下にまで見られる(図10-a, 11-a)。

ラベリング像を見ると、対照側では、感染開始後1カ月間無処置の後、次の1カ月間投与した Cal. と、更に、その次の1カ月間投与した T.C.

で、全域にわたってほぼ同じ程度にラベルされている(図10-b)。

実験側では、前方は第2小臼歯の近心側から後方は第1大臼歯の近心側まで、下方は下顎管上縁より上方は各々の歯の根尖レベルまでの範囲で Cal. によるラベル部の増加が見られる。その上、第3小臼歯近心側より第1大臼歯近心側までは、下顎管上縁より歯槽頂まで Cal. によるラベル部が著しく増している。一方、T.C. によるラベル部は、前方は第2小臼歯近心側から実験歯の遠心側までの範囲で増加している。

また、下顎管下縁では、厚い Cal. によるラベル層が、第2小臼歯遠心側直下より第1大臼歯の中心直下までの範囲で形成されている。その上に薄い T.C. によるラベル層が、実験歯直下に相当する範囲で見られる(図11-b)。

以上の所見によって、実験歯周囲(2根の間と、下顎管上縁より歯槽頂までの範囲)では、骨梁の

吸収の進行とともに骨の形成も盛んで、特に、新生骨は、古い骨梁をとり囲むように、または、孤立した形で形成されたことがわかる。それは、感染開始後2カ月目に投与した Cal., 更に、また、それを取り囲むように3カ月目に投与の T.C. によりラベルされた薄層によって取り囲まれてることよりわかる。下顎管下縁の緻密骨内部では、対照側に比し、T.C. によって内壁をラベルされたオステオンが多い。

D-4

マイクロラジオグラムで、実験歯の根尖の固有歯槽骨は、根尖より根長約 $\frac{1}{3}$ の範囲で消失し、その深部の骨梁の一部も消失している。また、実験歯の2根の間の下顎管上縁部に、僅かな骨梁の分布密度の増加が見える。更に、下顎管下縁の第2小白歯遠心側直下より第1大白歯の近心側直下までの範囲で、X線吸収度の低い新生骨の層状の形成が見られる。

ラベリング像は、対照側では、Cal. のラベル部が歯槽骨内部に多く、T.C. のラベル部が歯根膜面の近くに僅かに見られる。

実験側では、Cal. のラベル部は、実験歯の近心根と遠心根の間で、下顎管上縁より上方、即ち、根の根尖側約 $\frac{1}{3}$ までの範囲で増えている。下顎管下縁では、第2小白歯遠心側直下より第1大白歯近心側直下までの範囲で、層状に形成されている。T.C. のラベル部は、実験歯の槽内中隔全般（下顎管上縁から歯槽頂までの範囲）で増えるとともに、下顎管下縁で先の Cal. ラベル層の上に、第2小白歯遠心側直下から第1大白歯近心側直下の範囲にわたって形成されている。

E. 4カ月半群 (図12, 13, 14)

この実験では、1匹の犬しか用いられてないが、そのラベリングのスケジュールは、タイムテーブル5のごとくである。

この犬の歯の髓腔壁は、感染開始後49日目から44日間投与した Cal. と、更にその後40日間にわたって投与した T.C. によってラベルされた層が、

極く幅狭く認められる。その程度から成年をすぎた犬と思われる。

マイクロラジオグラムによると、実験歯の根尖を取り囲む固有歯槽骨は、根尖より根長約 $\frac{1}{3}$ の範囲で消失し、また、その深部の骨梁も一部消失している。更に、根尖より歯槽頂にかけ歯根膜腔の幅の拡大が見られる。

骨梁の分布密度は、対照側に比し、実験側では、前方は第3小白歯の中心から実験歯の遠心側まで、下方は下顎管上縁から歯根長の根尖側 $\frac{1}{4}$ の範囲で増しているのがわかる。

その骨梁は、X線吸収度の高い骨質の表面に、X線吸収度の低い骨が添加しており、幅を広め、あたかも泡沫のような形を示している (図14-a, b)。

また、実験歯の2根間の槽内中隔の固有歯槽骨は、根尖から歯槽頂まで一部吸収され、内部も吸収と新生骨添加の活発化の結果、X線吸収度の高低不ぞろいな骨梁となる。下顎管下縁には、第2小白歯遠心側直下から第1大白歯直下にかけて、針状の骨質が、厚い層として形成されている (図12-a, 13-a)。

ラベリング像を見ると、対照側で、歯槽骨全体に、Cal. によるラベル部が、その間に僅かな T.C. によるラベル部が見られる (図12-b)。

実験側では、Cal. のラベル部が、前方は第1小白歯の近心側から後方は実験歯遠心側までにわたる下顎管上縁に沿って、また、実験歯の槽内中隔部で増しているのがわかる。更に、下顎管下縁で、第2小白歯遠心側直下から第1大白歯直下までの範囲で形成された新生骨がラベルされている。一方、T.C. のラベル部は、前方は第3小白歯遠心側から後方は第1大白歯近心側まで、下顎管上縁から歯槽頂までの範囲で著明に増加している (図13-b)。

以上の所見から、感染開始後約1カ月半後から4カ月半後に至る間でも、なお、病巣を中心とした極めて広い範囲で、異常に活発な骨改造が進行していたことがわかる。

F. 6カ月群

この群では、2匹の犬が用いられ、そのラベリングのスケジュールは、タイムテーブル6のごとくである。

図 10 感染開始後3カ月目 (D-3) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

それらの歯の髄腔壁は、F-1では、感染開始前のT.C.と、その後119日目から6カ月目までのCal.のラベル層が幅狭く、また、F-2では、それらが幅広く見られる。以上から、F-1は、やや年をとった犬、F-2は、かなり若い犬と思われる。

F-1: (図15, 16)

マイクロラジオグラムでは、実験歯の根尖周囲

の固有歯槽骨が、根尖より根長約 $\frac{1}{3}$ の範囲で消失し、また、深部骨梁も一部消失し、それらの輪郭は円形を呈している。また、実験歯の根尖部セメント質は、一部吸収されている (図16-a)。

ラベリング像によると、対照歯の歯根では、感染開始前のT.C.と、その後のCal.により根尖より根長 $\frac{1}{4}$ の範囲で層状にラベルされているが、実験歯の歯根では、近心根、および、遠心根の根尖やや上方にCal.のラベル線が見られるのみである (図16-b, 17-b)。

骨梁の分布密度は、対照側に比し、実験側では

図 11 感染開始後3カ月目 (D-3) の下顎の実験側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

前方は第3小臼歯近心側から後方は第1大臼歯近心側まで、下方は下顎管上縁から上方へ、根長の根尖側 $\frac{1}{4}$ の範囲で増加している。この範囲は、X線吸収度の高低不ぞろいな骨質の集合よりなる太い骨梁によって占められている。また、下顎管下縁には、第3小臼歯近心側直下より第1大臼歯近心側直下までにわたって、X線吸収度の低い層状の新生骨の形成が見られる (図15-a, 16-a)。

ラベリング像によると、対照側では、感染開始前に投与された T.C. のラベル部が、開始後の6カ月の間に内部改造をうけても、なお、全般にわ

たって見られる。更に、実験開始後119日目から6カ月目までの間に投与された Cal. によるラベル部は一層多く見られる (図15-b)。

実験側を見ると、T.C. のラベル部は、対照側に比し、実験歯の槽内中隔部で減少しているのがわかる。その上、Cal. のラベル部位が、前方は第2小臼歯近心側から後方は第1大臼歯の近心根の遠心側まで、下方は下顎管上縁より上方は歯槽頂までの範囲で増加しているのが見られる。このCal. のラベル部は、先の新生骨の形成分布とよく一致している (図16-b)。

図 12 感染開始後4カ月半目(E)の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

以上から、感染開始後、6カ月間経過しても、なお、内部改造が広範囲にわたって活発に亢進しているのが分かる。

下顎管下縁では、第3小白歯近心側直下から第1大臼歯近心側直下までにかけて見られる新生骨が Cal. でラベルされている。しかし、その緻密骨内部を占めるオステオンの内壁のラベル像には変化は見られない。

F-2

マイクロラジオグラムでは、実験歯の根尖をとり囲む固有歯槽骨が、根尖より根長の約 $\frac{1}{3}$ の範囲で消失し、その深部の骨梁も一部消失している。根尖部のセメント質も一部吸収されている。

骨梁の分布密度は、対照側に比し、前方は第2小白歯遠心側から後方は第1大臼歯近心側まで、下方は下顎管上縁から各々の歯の根尖レベルまでの範囲で増加している。ただし、実験歯の槽内中

図 13 感染開始後4カ月半目(E)の下顎の実験側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

隔では、根尖より根長の半分の範囲までで増加している。下顎管下縁では、犬歯根尖直下から第1大臼歯遠心側におよぶ広い範囲で新生骨の形成が認められる。

ラベリング像によると、対照側では、極く僅かであるが、感染開始前に投与した T.C. のラベル部が見られ、また、122日目から2カ月間投与した Cal. のラベル部が全般に分布しているのが見られる。

実験側では、T.C. のラベル部は、対照側に比し、第3小臼歯近心側より第1大臼歯近心根の遠心側まで、下方は下顎管上縁より歯槽頂までの範囲で著しく減少している。それに対して、Cal. のラベル部は、第2小臼歯遠心側より第1大臼歯近心側まで、下方は下顎管上縁より上方に、根尖から根長 $\frac{1}{2}$ の範囲で著明に増加している。

下顎管下縁では、犬歯根尖直下より第1大臼歯

図 14 感染開始後4カ月半目(E)の下顎第4小白歯の遠心根近心側のマイクロラジオグラムの強拡大
a. 対照側
b. 実験側

近心根の遠心側にかけて、Cal. のラベル層が見られる。その緻密骨内部を占めるオステオンのラベル像に変化は見られない。

以上の所見より、感染開始後、6カ月を経過しても、骨の内部改造は、いまだ生理的条件をこえて活発に進行しているのが分かる。

IV. 総括と考察

1. 根尖病巣の存在による骨変化についての従来の研究と考察。

慢性根尖性歯周炎に関する病理組織学的研究は、19世紀後半から多くの学者により行われて来た。それらの観察目標は、もっぱら、慢性根尖性歯周炎の成立機転と、それに伴う根尖周囲組織の形態変化である。また、歯根嚢胞、歯根肉芽腫、それに歯槽膿瘍の成立により病巣に出現する上皮

の由来や病変の各型の間での移行のしかたについても多くの関心が払われていた。また、根管充填後におこる根尖周囲組織の変化も観察されている。

観察にあたっては、病理組織学的方法のみならず放射線学的方法も用いられている。観察材料としては、ヒトの臨床上抜去された歯牙や屍体、実験動物として犬やラットが用いられている(Wirth, 1925⁴³⁾, Greve, 1926¹⁴⁾, 遠藤, 1928, 1929⁷⁾, Blayney, 1930⁴⁾, Friedman, 1930⁹⁾, Freeman, 1931⁸⁾ Hill, 1932¹⁹⁾, Csernyei, 1933⁶⁾, Hammer, 1934¹⁵⁾, 生田ら, 1936²⁰⁾, Gall, 1936¹¹⁾, 松宮, 1940²⁷⁾, 松宮ら, 1941²⁸⁾, 松宮ら, 1942²⁹⁾, 松宮ら, 1944³⁰⁾, 三崎, 1950³¹⁾, Kronfeld, 1956²⁴⁾, Narita, 1956³³⁾, Baumann ら, 1956³⁾, Wais, 1958⁴²⁾, 今井, 1960²¹⁾, 大井, 1960³⁵⁾, Gardner, 1962¹³⁾, Garber, 1964¹²⁾, Lalonde ら, 1968²⁶⁾, 斉藤, 1970³⁶⁾, 児島, 1971²²⁾, 服部, 1975¹⁸⁾, 長

谷川ら, 1976²⁴⁾。

しかし、骨変化に観察の主眼をおいている研究は、ほとんど無いように思われる。すなわち、根尖周囲組織変化の観察の一端として、根尖病巣周囲の極く限られた範囲の骨変化に言及しているにすぎない。しかし、少ない報告ではあるが、過去における根尖周囲の骨変化についてのいろいろな人の見解を整理して列記してみることにする。

(1)、根尖病巣の成立機転により、当該歯の根尖部周囲の歯槽骨は、病巣周囲において、骨の吸収や新生骨の添加をおこす。

(2)、また、脱灰連続切片の観察によれば、骨の吸収や、新生骨の添加は、根尖部に極めて限局している。

(3)、根尖病巣周囲での骨の吸収や新生骨の添加の程度は、生体の防禦、並びに、自然治癒の能力の強弱や、根管内の細菌の活性度、即ち、根管よりの炎症性刺激の強弱により異なる(今井, 1960²¹⁾, 松宮, 1940²⁷⁾, 大井, 1960³⁵⁾)。

(4)、犬を用いての実験によると、根尖病巣の成立にともない、骨の吸収は、比較的早期(実験開始後5日目)に、根尖部歯根膜での円形細胞浸潤、および、膿球の浸潤、血管拡張にともなって、根尖をとり囲む歯槽骨に限局しておこる(服部, 1975¹⁸⁾, 大井, 1960³⁵⁾)。

(5)、その後、骨吸収は、根尖部の周囲歯槽骨で激しく進行するが、25日目以後では、肉芽化傾向とともに、根尖部に限局し、停滞状態になると言う(服部, 1975¹⁸⁾)。

(6)、根尖病巣が存在する間、その周囲の骨吸収が、全く止ってしまうとは考えられない。つまり、細菌の毒力の増加か、生体の抵抗力の減少で、病変はいつでも急性化することがあるからである(Kronfeld, 1956²⁴⁾)。

(7)、慢性根尖性歯周炎のいかなる場合でも、自然治癒能力が増強すれば、根尖病巣の外側の緻密な結合組織層に面して新生骨の添加がおこってくる(Kronfeld, 1956²⁴⁾, 松宮, 1940²⁷⁾)。

(8)、根尖部の炎症機転が減退すると、根尖周囲(歯根膜、セメント質)の治癒の一貫として、根尖病巣をとり囲んでいる骨梁に新生骨の添加がおこる。それは、吸収されずに残った骨面に接し、細

く、緻密に配列しているため、一見して、本来の骨梁と区別される(遠藤, 1928, 1929⁷⁾, Narita, 1956³³⁾)。

(9)、以上の所見は、autoradiographyにより、ラットの臼歯の根尖病巣周囲の骨梁で⁴⁵Caのuptakeの高まりを見ることにより裏付けられている(斉藤, 1970³⁶⁾)。

(10)、脱灰染色切片により、炎症の拡大に対応して、根尖病巣周囲の歯槽骨に新生骨の添加がおこり、その結果、骨髓腔が狭窄されるのが観察されている。これは、炎症の拡がりを阻止しようとする防禦機転であると考えられている(生田ら, 1936²⁰⁾)。

(11)、感染根管に対し、適切な根管治療と根管充填がされると、自然治癒機転は促進され、根尖病巣周囲の骨梁には、新生骨の活発な添加がおこる(松宮ら, 1942²⁹⁾, 松宮ら, 1944³⁰⁾)。

(12)、レントゲン像の観察によると、実験開始後、実験歯の根尖部の歯根膜腔の拡大に伴って、下顎管上縁の骨の太さの増大がおこり、その後、50日目で、病巣の確認、周囲骨梁の不規則な配列、下顎管上縁、下縁の骨の太さの増大が明瞭となる(生田ら, 1936²⁰⁾)。

(13)、レントゲン像によると、根尖病巣は、根管開放後、1～3カ月の間は増大を示すが、4～5カ月目に入ると、病巣周囲に骨硬化帯があらわれ、病巣の辺縁が鮮明になり、病巣の縮小や固定化がおこる(児島, 1971²²⁾)。

(14)、レントゲン所見で、根尖病巣周囲に骨硬化帯があらわれれば、炎症は静止状態である。病巣の辺縁が網目状を示し、不規則なら、根尖部の炎症は進行して骨の吸収をおこしているか、または、逆に、治癒に向い新生骨の添加を行っているかのどちらかであるとの見解もある(Kronfeld, 1956²⁴⁾)。

(15)、レントゲン所見と病理組織所見との比較観察の結果から病巣に接する骨の状態で病変が進行しているのか、回復に向っているのかを把握することはできないと考える人々が多い(Baumannら, 1956³⁾, 松宮ら, 1942²⁹⁾, 三崎, 1950³¹⁾)。

以上のように、根尖病巣の存在による歯槽骨変化としては、病巣周囲に注目しているのがほとんど

図 15 感染開始後6カ月目 (F-1) の下顎の対照側の所見

a. マイクロラジオグラム

b. ラベリング像のトレーシング図

であり、遠隔部での変化についての記載は極めて少ない。あったとしても、それはレントゲン像の観察によるもののみであった。このことは、従来の組織学的方法による観察では、骨の形成時期の区別が極めて困難であることによるのであろう。そのような意味で、私が本研究に用いたラベリング法はこの問題の追求に極めて有効であった。

2. 本研究で用いられた観察方法の特徴

本実験は犬を用い、下顎第4小臼歯、または、

第3小臼歯に根尖病巣を成立させ、根尖病巣周囲ばかりでなく、それよりはるかに離れた部位での歯槽骨の変化をも、経日的に知るため、実験期間中、2色の硬組織ラベリング剤を投与し、屠殺後、下顎の犬歯より第1大臼歯にまでおよぶ大研磨片を作製し、マイクロラジオグラフィと蛍光顕微鏡法による比較観察を行ったものである。

その観察方法の特徴は、次のごとくである。

(1)、従来、根尖病巣の周囲歯槽骨の変化は、

図 16 感染開始後6カ月目 (F-1) の下顎の実験側の所見
a. マイクロラジオグラム
b. ラベリング像のトレーシング図

脱灰染色切片について観察されて来た。即ち、根尖病巣の病像との関連において周囲歯槽骨の形態や染色性の変化、骨の吸収や新生骨の添加を検索して来たのである。しかし、このような方法では、実際にそこに見られる骨の新生や吸収が、いつごろ起こったのかを明らかにすることはできない。即ち、病巣の進展と骨変化との時期的な関連を説明することができないのである。

実際には、根尖病巣の成立による歯槽骨の変化が、いつ、どの範囲で、どのような形で、どのくらいの量、しかも、どのくらいの期間にわたっておこるのかを明確にすることが必要なのである。ところが、従来の検索では、脱灰染色切片の大きさには、おのずから限界があり、しかも、先に述べたように、骨の形成時期の同定が困難であることから、いきおい観察は根尖病巣周囲の歯槽骨に

限られたのであろう。それに対して、本研究では、2色の硬組織ラベリング剤 (T.C. と Cal.) を、駆使することにより (連続時刻描記)、病巣成立直後はもとより、特定の時期の骨の内部改造 (骨吸収と新生骨の添加) の動向を、しかも、大研磨片の作製により、脱灰染色切片では期待できなかったほどの広い範囲にわたって観察が可能になったのである (Harris ら, 1962¹⁷⁾, 須賀, 1965³⁸⁾, 須賀, 1978³⁹⁾。

(2)、大研磨片での観察について

樹脂包埋後の研磨法 (須賀, 1966)⁴⁰⁾ により得られる厚さ約80 μ mの近遠心的大研磨片により広範囲にわたる観察が行われた。

われわれの病理学教室での非脱灰大研磨片の作製法、マイクロラジオグラムの撮影法、それに、ラベリング像の撮影とトレーシング像の作製法の開発により、従来の脱灰染色切片による根尖病巣周囲に限られた観察からは想像もつかなかったほど豊富な所見が得られたと考えている (須賀, 1978³⁹⁾)。

(3)、従来の脱灰染色切片による骨構造の観察では、骨周囲の細胞や線維などの軟組織が、骨と同じ色調で染色されていることから、弱拡大条件で骨組織との判別は、必ずしも容易ではない。また、骨の新旧は、染色性の濃淡で、ある程度まで可能であるが決定的なものではない。したがって、骨変化の広範囲にわたる分布の弱拡大的観察には、従来の方法は、不適当な面が多かったのである。

それに対して、本研究で用いた非脱灰研磨片のマイクロラジオグラムでは、極めて高いコントラストで骨梁の構造や分布を知ることができ、また、石灰化度の相違から、かなりの程度まで骨の新旧を判別することができるのである (Amprino ら, 1952²⁾, Lacroix, 1949²⁴⁾, 須賀, 1978³⁹⁾)。

(4)、以上、本研究で用いた方法の長所について述べたが、短所についても考慮しておかなければならない。即ち、脱灰染色切片のように、根尖病巣の組織像 (炎症が進行過程か、静止状態か) を知ることができないことである。そのため、根尖病巣の病像と周囲歯槽骨の変化の相関関係を明確に把握することが困難である。即ち、根尖部での骨の吸収状態から、おおよその根尖病巣の範囲を

知ることはできるが正確ではない。

このような短所があるにもかかわらず、本実験で得られた情報の量と価値は大変大きかったと考えている。骨形成の経日的変化とその範囲は、ラベリング法により、骨構造上の変化は、マイクロラジオグラムで明らかである。

これらを、同じ個体の対照側と比較観察することにより、誰にでも、容易に、実験歯を中心とした、広範囲におよぶ内部改造の変調と、骨梁の配列と分布密度の変化が、長期間にわたって進行していることが理解できたのである。

3. 本研究での観察所見のまとめ

(1) 感染開始後1カ月半より、実験歯の根尖部をとり囲む固有歯槽骨と、その深部骨梁の一部に吸収がおこり、そのため、歯根膜腔の拡大がおこった。それと関連して実験歯のセメント質では、根尖部で微かな吸収が、そのやや上方では、形成がおこる。

(2) 感染開始直後から3週目までの間に、はやくも、根尖部周囲ばかりでなく、犬歯の遠心側から第1大臼歯の近心側にかけての広い範囲にわたって、歯槽骨の内部改造が活発化して進行することがわかった。

その結果、マイクロラジオグラム上では、骨梁は石灰化度の不ぞろいな骨質の集合によるモザイク模様を示すようになり、しかも、その幅の増加が見られるようになった。また、その他に、新しい骨梁の形成が起こったりしたため、骨梁の分布密度の増加が認められるようになる。これらの変化は、ラベリング像によると、6カ月を経過しても、なお、進行しているのが認められる。

ただし、以上の変化は、個体の年齢や、その他の条件により、現われる範囲や強さにおいて、若干の差が見られた。

(3) 内部改造は、骨の吸収と添加のくり返しからなるが、前者より後者の方が、やや活発なように思われる。即ち、感染開始前の T.C. によるラベル部の減少範囲より、開始後に投与した Cal. によるラベル部の増加の範囲の方が広いことと、マイクロラジオグラム上で、骨梁は太さを増し、その分布密度が増加することから、以上のことが想像されるのである。

(4) 以上の変化と平行して、下顎骨下縁緻密骨の上縁部(下顎管の下縁)に、感染開始後まもなく、X線吸収度の低い新生骨が、厚く、層状をなして形成されるようになる。それらは、6カ月の間には、犬歯直下から第1大臼歯の遠心側直下にまでおよぶようになる。この場合も、個体の年齢によって、その範囲に差が認められる(年齢の高い個体では、若い個体より範囲が狭い傾向がある)。

また、感染開始後、3カ月を経過すると、既存の緻密骨内部にも、対照側に比して、明らかに改造現象の活発化が起こっているのがわかる。

4. 従来の考えとの比較

根尖病巣の成立機転により、病巣周囲の歯槽骨が吸収されるのは、極く当然の現象のごとく多くの学者により考えられて来た。骨の吸収は、破骨細胞性吸収と骨溶解があるとされ(須田, 1970³⁷⁾)、根尖病巣周囲での変化は、破骨細胞による吸収であるとされている(秋吉, 1975³¹⁾)。本実験においても、比較的根尖部の病巣に局限して、骨の一方向的吸収が認められ、そのため、歯根膜腔の拡大がおこっていた。

また、実験歯の根尖部のセメント質にも吸収が認められた。ただし、セメント質の吸収は、従来から言われているように、歯槽骨ほど著明ではない(Fullmer, 1964¹⁰⁾、村山, 1969³²⁾)。一方、それより上方では、逆にセメント質の形成が見られたが、根尖病巣の自然治癒の一貫としての変化(Narita, 1956)³³⁾と言うより、根尖病巣周囲の毛細血管の新生による栄養供給の活発化によるもの(Kromfeld, 1956)²⁴⁾と思われる。

従来、病巣周囲の骨の吸収部への新生骨の添加は、根管より炎症性刺激が减弱したり、生体の自然治癒能力が増強した結果、根尖病巣が治癒方向に向った時に現われると考えられていた(松宮ら, 1941²⁸⁾、松宮ら, 1944³⁰⁾)。しかし、本研究での所見を見ると、たしかに、病巣に面する部分では、骨の新生が見られることは少ないが、それより深部では、感染開始後、3週間より6カ月目までの全ての症例で、各所に新生骨の添加が進行しているのが注目された。

本研究では、観察方法上の制約から軟組織の検索は行っていない。従って根尖病巣がどのような

組織状態で、どの程度の範囲なのか、更に、新生骨の添加との相関関係はどうであるかは不明である。しかし、この新生骨の添加が、実験歯を中心として、当初、予想もしなかった程、遠隔部にまでおよんでいた事実は、どう解釈したら良いであろうか。炎症は、根尖部から血管系を介して垂直的に下顎管に破及し、さらに顎骨全体に拡がろうとする傾向があり、それに対する抵抗機転として、新生骨の添加が、根尖部周囲、下顎管上縁部の骨梁や、下顎管下縁に起こり、骨髓腔や下顎管の狭窄を起こし、血管や神経を圧迫し、炎症の拡張を阻止しようとする機転があるという考えがある(生田ら, 1936²⁰⁾)。しかし、これは、あまりに形式的な解釈であるように思われる。

本来、骨は内部改造を行っており、それを無視しては骨の構造変化を正確に論ずることはできないのである。従来の脱灰染色切片による観察では、骨の形成時期の鑑別が困難であり、また、X線写真でも、その解像力が低いため、骨の吸収、および、添加の範囲を明確に示摘することはできないのである。本研究では、マイクロラジオグラフィとラベリング法を用いることによって、内部改造の内容を経日的に、かなり明らかにすることができた。それによると、根尖病巣を成立させて後のその周囲の歯槽骨におこる内部改造の活発化は、実験歯を中心として前方は3歯、後方は1歯を越える範囲でおこっているのがわかった。

しかし、このような広範囲にわたる内部改造の変調は、根尖部炎症病巣の存在によるばかりでなく、われわれの病理学教室で行なわれて来た、限られた歯牙に加えられた、各種の機能条件の変化に際してもおこっていた。即ち、一本の抜歯に続いて(千葉, 1976⁵⁾)、架工義歯の装着によって(是沢, 1977²³⁾)、更に、矯正装置の装着による歯牙移動に際して(原, 1977¹⁶⁾)、広範囲に内部改造の変調がおこっているのである。その理由としては、咬合状態の変化(過剰な、または、異常な方向性をもった咬合圧、咬合圧の喪失)、歯牙に加わる異常な移動力、装置を介して加わった力による顎骨の歪みなどが考えられる。

本実験での内部改造の活発化がどうして起こったかについては、軟組織レベルでの検索を行って

いないので明らかではない。しかし、先ず考えられることは、根尖部の炎症病巣の存在に伴っての循環障害、特に、充血が広い範囲にわたって起きているであろうことである。即ち、根尖部の炎症性変化は、すみやかに下顎管に破及し、下歯槽動静脈に、それぞれ充血とうっ血をおこすと言われている(長谷川ら, 1976³⁴⁾)。それに伴って、かなり遠隔部における血管にも充血を起こしていることが考えられる。その結果、その部の血液供給が豊富となり、骨芽細胞や破骨細胞の代謝活性を高めることは、当然考えられ得ることである。

その他に、次のようなことも考えられる。即ち、実験歯の根尖部では、歯根膜と歯槽骨の破壊により歯牙維持機能の消失、または、低下がおこることになる。それを代償するような変化が、同じ歯牙の歯頸部付近の歯周組織におこることが考えられる。更に、また、実験歯の隣在歯にも異常な方向性と強さを持った咀嚼圧が加わることも想像されるのである。それらによっても、歯槽骨の広範囲にわたって内部改造の変調がおこるであろう。

本観察のように、根尖病巣の成立により、実験歯の根尖部周囲の歯槽骨に限らず、それよりはるかに遠隔の部で骨構造の変化が、長期間にわたっておこることを証明した研究は、いまだかつて報告されていないと考えている。

V. 結 論

(1) 根尖部炎症病巣の成立により起こる、根尖部周囲のみならず、遠隔部での歯槽骨の変化を観察するため、犬を用いて、下顎第4小臼歯、または、第3小臼歯に実験的に根尖病巣を成立させた。

なお、感染開始前から感染開始後6カ月目までの期間を、いくつかの期間帯にわけ、2色の硬組織ラベリング剤(テトラサイクリンとカルセイン)を期間帯別に連続投与し、時刻描記を行った。

屠殺後、下顎骨を厚さ約80 μ mの大研磨片(犬歯より第1大臼歯遠心側までおよぶ)とし、マイクロラジオグラフィーと蛍光顕微鏡法により対照側と比較観察を行った。

(2) 感染開始後1カ月半目には、実験歯の根尖をとり囲む固有歯槽骨と、その深部骨梁の一部に吸収がおこっている。セメント質では、根尖部

では吸収が、その歯頸部側では、僅かな形成がおこっている。

(3) 感染開始直後から3週目までの間に、犬歯の遠心側から第1大臼歯の近心側にかけての広い範囲にわたって、歯槽骨の内部改造の活発化がおこり進行している。この変化は、ラベリング像により、6カ月を経過しても、なお、進行してるのが認められる。

(4) 内部改造は、骨の吸収と添加の複雑なくり返しからなるが、添加の方が吸収よりややまざっており、その結果、骨梁の緻密化がおこる。

(5) 以上の変化と平行して、感染開始後まもなく下縁緻密骨の上縁部(下顎管の下縁)に、層状をなす新生骨の形成が見られるようになり、それは、6カ月の間もなお進行しており、犬歯直下から第1大臼歯の遠心側直下にまでおよぶようになる。

(6) 感染開始後、3カ月を経過する頃には、下縁緻密骨内部にも、対照側に比して、明らかに改造現象の活発化がおこるのがわかる。

稿を終るにあたり、本研究に終始懇切なる御指導、御鞭撻、御校閲を賜った病理学教室、須賀昭一教授、並びに、保存学教室第1講座、加藤勤爾教授に深く感謝致します。併せて、御協力をいただいた保存学教室、並びに、病理学教室の諸先生方に感謝致します。

なお、本論文の要旨は、昭和52年9月10日日本歯科大学歯学会大会において発表した。

文 献

- 1) 秋吉正豊: 歯槽骨の吸収の病理. 歯界展望, 46: 717-728, 1975.
- 2) AMPRINO, R. and ENGSTROM, A.: Studies on x-ray absorption and diffraction of bone tissue. Acta. anat., 15: 1-22, 1952.
- 3) BAUMANN, L. and ROSSMAN, S. R.: Clinical roentgenologic, and histopathologic findings in teeth with apical radiolucent areas. Oral Surg. Oral Med. & Oral Path., 9: 1330-1336, 1956.
- 4) BLAYNEY, J. R.: The problem of the pulpless tooth, as seen by clinical and laboratory investigation. J. dent. Res., 10: 425-437, 1930.
- 5) 千葉博茂: 歯牙抜去につづく歯槽骨変化のラベリング法とマイクロラジオグラフィーによる研究. 歯基礎誌, 18: 1-52, 1976.
- 6) CSERNYEI, J.: Wurzelbehandlung und periapikales Gewebe (Experimentelle Unter-

- suchungen). Zahn. Rdsch., 42 : 1838-1842, 1933.
- 7) 遠藤至六郎 : 慢性根端性歯牙附近組織炎に関する病理組織的研究. 歯科学報, 33 : 1281-1340, 34 : 1-38, 221-286, 339-384, 461-502, 1928, 1929.
- 8) FREEMAN, N. : Histopathological investigations of the dental granuloma. J. dent. Res., 11 : 175-193, 1931.
- 9) FRIEDMANN, G. : Klinische und histologische Untersuchungen über die Einwirkung von Chlorphenol-Kampfer-Menthollösung auf das Periodont und der Chlorphenol-Kampfer-Menthol-Jodoformpaste auf das apikale Granulationsgewebe. Dtsch. Zahn., 76 : 46-78, 1930.
- 10) FULLMER, H. M. : Dehydrogenases in developing bone in the rat. J. Histochem. Cytochem., 12 : 210-214, 1964.
- 11) GALL, H. : Über apikale Heilungsvorgänge nach Pulpaexstirpation ohne Wurzelfüllung. Schwei. Mscher. Zahn., 46 : 213-243, 1936.
- 12) GARBER, F. N. : Roentgenolucent periapical areas. Oral Surg. Oral Med. & Oral Path., 17 : 460-466, 1964.
- 13) GARDNER, A. F. : A survey of periapical pathology. Dent. Dig., 68 : 162-167, 1962.
- 14) GREVE, H. C. : Granulom-Studien. Dtsch. Mschr. Zahn., 44 : 97-107, 1926.
- 15) HAMMER, H. : Untersuchungen über die Pathogenese der radikulären Zysten. Dtsch. Zahn. Mund. u. Kieferheilk., 1 : 319-333, 1934.
- 16) 原 林作 : 抜歯窩への実験的歯牙移動による歯槽骨変化のラベリング法とマイクロラジオグラフィによる研究・歯学, 65 : 361-408, 1977.
- 17) HARRIS, W., JACKSON, R. H. and JOWSEY, J. : The in vivo distribution of tetracyclines in canine bone. J. Bone Joint Surg., 44 : 1308-1320, 1962.
- 18) 服部玄門 : 根端病変の成立過程及び推移に関する実験病理学的研究. 歯科学報, 75 : 850-892, 1975.
- 19) HILL, T. J. : Experimental dental granulomas in dogs. J. Amer. dent. Ass., 19 : 1389-1398, 1932.
- 20) 生田信保, 松本一男 : 実験的根端性歯根膜炎の病理. 朝鮮歯科医学会雑誌, 12 : 26-31, 1936.
- 21) 今井良雄 : 歯根尖病巣の研究. 日口外誌, 6 : 63-82, 1960.
- 22) 児島俊男 : 根管開放による実験的根尖病巣の発症過程と抜歯創の治癒経過について. 京大口科紀要, 11 : 1-23, 1971.
- 23) 是沢恵三 : 中間歯欠損型, ならびに遊離端型架工義歯の装着による歯槽骨変化のラベリング法とマイクロラジオグラフィによる研究. 歯基礎誌, 19 : 37-78, 1977.
- 24) KRONFELD, R. : Chronic apical periodontitis. Histopathology of the teeth and their surrounding structures (edited by Boyle, P. E.), Fourth edition, p.p. 192-228, Lea & Febiger, Philadelphia, 1956.
- 25) LACROIX, P. : The internal remodeling of bones. The Biochemistry and Physiology of Bone (edited by Bourne, G. H.), Second edition, Volume III, p.p. 119-144, Academic Press, New York, 1971.
- 26) LALONDE, E. R. and LUEBKE, R. G. : The frequency and distribution of periapical cysts and granulomas. Oral Surg. Oral Med. & Oral Path., 25 : 861-868, 1968.
- 27) 松宮誠一 : 実験的に現われたる根端上皮の増殖並びに歯根嚢胞の成立について. 大日本歯科医学学会誌, 38 : 1-55, 281-295, 373-402, 1940.
- 28) 松宮誠一, 三崎鈔郎 : 抜髄後根管を開放のまま放置せる場合及び単に根管口のみを閉塞せる場合に起る変化についての実験的研究. 大日本歯科医学学会誌, 39 : 301-326, 1941.
- 29) 松宮誠一, 三崎鈔郎 : 感染根管に対する「ヨードホルム」糊剤充填の実験的研究. 大日本歯科医学学会誌, 40 : 1-20, 1942.
- 30) 松宮誠一, 光永友紀, 三崎鈔郎, 山崎安三, 榎本太郎 : 感染根管に対する水酸化「カルシウムパスタ」及び燐製「マグネシアパスタ」の充填に関する実験的研究, 49 : 51-76, 1944.
- 31) 三崎鈔郎 : 慢性根端性歯牙支持組織炎のレントゲン診断に関する研究補遺 (その1, その2). 歯科学報, 50 : 7-10, 36-39, 1950.
- 32) 村山誠一 : 実験的な外傷性咬合による歯槽骨石灰化像の変化. 歯基礎誌, 11 : 80-105, 1969.
- 33) NARITA, T. : Histopathological study on natural healing in chronic apical periodontitis. Bull. Oral. Path. Tokyo., 1 : 163-185, 1956.
- 34) 長谷川 明, 古田憲治, 土田有宏, 五味淵秀明, 本多洋之, 西村恒一, 片桐正隆, 白川和子 : 歯根尖病巣発生に関する実験的研究, 日口外誌, 22 : 290-301, 1976.
- 35) 大井一正 : 実験的初期根端性歯牙支持組織炎のレ線学的ならびに病理組織学的研究. 歯科学報, 60 : 463-492, 1960.
- 36) 齊藤 浩 : 感染根管によって起る根尖部歯周組織の病態について. 歯学, 57 : 735-763, 1970.
- 37) 須田信之 : 人の骨の microradiography と組織化学による研究. 歯学, 57 : 636-662, 1970.
- 38) 須賀昭一 : 硬組織と tetracycline. 歯学, 53 : 137-143, 1965.
- 39) 須賀昭一 : 歯の動きに伴う歯槽骨変化の組織化学(上). 歯界展望, 51 : 59-69, 1978.
- 40) 須賀昭一 : 硬組織の microradiography. 歯界展望, 27 : 495-515, 1966.
- 41) URIST, M. R. and Ibsen, K. H. : Chemical reactivity of mineralized tissue with oxyte

- tracycline. Arch. Pathol., 76 : 484-496, 1963.
- 42) WAIS, F. T. : Significance of findings following biopsy and histologic study of 100 periapical lesions. Oral Surg. Oral Med. & Oral Path., 11 : 650-653, 1958.
- 43) WIRTH, R. : Klinische und histologische Untersuchungen über die Einwirkung des Durchspritzungsverfahrens mit Chlorphenol, Chlorphenolkampfer und Phenolkampfer auf die chronisch granulierende apikale Periodontitis. Schweiz. Monatschr. f. Zahnh. 35 : 1-27, 1925.