

抜歯創治癒過程の ^{125}I -photon absorptiometry による骨塩定量に関する実験的研究

橋 場 友 幹

岩手医科大学歯学部口腔外科学第二講座 (主任: 関山三郎教授)

[受付: 1986年12月27日]

抄録: 口腔領域における骨創治癒過程を骨塩量の観点より検索するため, 犬抜歯創治癒過程を対象とし ^{125}I -photon absorptiometry にて抜歯直後より84日目まで検索した。また, photodensitometry ならびに組織学的検索結果と対比し検討した。

犬抜歯創部骨塩量は ^{125}I -photon absorptiometry により $0.270\sim 0.720\text{g}/\text{cm}^2$ の値を示し, 観察期間を通して根尖部が高く, 次いで中央部, 辺縁部の順に低い値を示した。抜歯創部骨塩量は抜歯後3日目, 7日目の減少傾向から漸次増加し, 抜歯後84日目には辺縁部への骨塩沈着および中央部~根尖部での改造機転により骨塩量の均一化を呈し恒常状態への移行をうかがわせた。また, 骨塩量の経時的变化は組織学的にみた骨組織所見の変化の傾向とも一致し, photodensitometry の結果はその経時的变化において ^{125}I -photon absorptiometry による骨塩量と同様の傾向を示した。

Key words: bone mineral, photon absorptiometry, tooth extraction wound, dog.

緒 言

抜歯術は日常臨床で最も一般的な手術であり, 抜歯創治癒過程に関する基礎的研究は Euler¹⁾ の系統的研究を始めとして多数みられる^{2~12)}。これらの中で, 抜歯創治癒過程に関し骨量の定量的観察を目的とした研究としては, 茂木¹³⁾, von Lichtenau¹⁴⁾, 松井¹⁵⁾, 木村¹⁶⁾などがX線写真濃度の測定にて検索しているほか, 組織計量学的に骨梁の面積を測定したものとしては進藤¹⁷⁾, Guglielmotti¹⁸⁾などの報告がある。しかし, いずれもフィルムなどを介した骨塩量の間接的定量によるものである。

一方, Cameron, et al.¹⁹⁾による ^{125}I -photon absorptiometry (以下 ^{125}I -PA と略) は非侵襲

的骨塩定量法の一つであり, 直接骨塩量が定量できるうえその精度ならびに再現性において優れた評価を得ている^{20~26)}。そこで, 著者は骨創治癒過程を骨塩量として直接定量化し検索する目的で, 犬抜歯創治癒過程を対象とし, ^{125}I -PA を用いて骨塩量の検索を行い, X線写真濃度測定法 (photodensitometry^{24,26)}) ならびに組織学的検索と対比させて検討した。その結果いささかの知見を得たので報告する。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験動物には生後1~2年, 体重7~15kgの雑種成犬28頭を用いた。抜歯は実験側として右側下顎第4前臼歯 (\overline{P}_4) を選択し, 反対側

Experimental study on bone mineral determination in the wound healing process after tooth extraction by ^{125}I -photon absorptiometry.

Tomomoto HASHIBA.

(Department of Oral and Maxillofacial Surgery II, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020.)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 12: 5-23, 1987

同名歯は屠殺直前に抜歯して対照側とした。抜歯方法は pentobarbital sodium 25 mg/kg の静注による全身麻酔下に行い、周囲軟組織および歯槽骨に極力障害を与えぬよう留意し近遠心根を分割して抜去した。また、抜歯創は解放創とし、ラベリング剤以外に薬物投与は行わなかった。

観察期間は抜歯後 3 日, 7 日, 14 日, 21 日, 28 日, 56 日, 84 日の 7 期間とし各期間 4 頭を使用した。なお、観察期間 7 日および 14 日の群では各 1 頭死亡のため同期間は 3 頭を実験対象とした。各観察期間終了後には pentobarbital sodium の大量投与により屠殺し下顎骨を摘出した。試料は実験側, 対照側とも第 4 前臼歯の両隣在歯の歯槽中隔部で離断し, 実験側, 対照側ともに同一の長さとした。同試料は 10% 中性緩衝ホルマリン液 (Lillie 法) で固定後, 骨塩定量ならびに組織学的検索に供した。

2. 組織学的検索方法

各観察期間の試料を用い骨塩測定後, 脱灰標本ならびに非脱灰研磨標本を作製した。

脱灰は Plank-Rychlo 迅速脱灰法を用い 4.0°C で行い、通法通りアルコール系列で脱水, クロロホルムを通してパラフィン包埋した。薄切は矢状断方向, ならびに前額断方向の二方向で行い H-E 染色を施し光学顕微鏡にて観察した。

非脱灰研磨標本では, 蛍光物質によるラベリング像ならびに microradiogram を観察した。

ラベリング法には, oxytetracyclin (以下 TC と略), カルセイン (3,3'-bis[N, N-di(carboxylethyl) aminomethyl] fluorecein), アリザリンレッドの三者を用いた。TC は全例抜歯後に投与し, 観察期間 28 日までの 5 群には 15 mg/kg を 2 日間, 56 日, 84 日群には 4 日間それぞれ筋注にて連続投与した。カルセインは 2% 生食溶液とし, 観察期間 14 日, 21 日, 28 日群では抜歯後 9 日, 10 日目に, また 56 日, 84 日群では 29 日, 30 日目にそれぞれ 1 日あたり 2 mg/kg を筋注投与した。アリザリンレッドは 3% 生食溶液とし, 観察期間 21 日, 28 日群では抜歯後 15 日, 16 日目に, また 56 日群では 50 日, 51 日目に, 84 日群では 57 日, 58 日目にそれぞれ 1 日あたり 20 mg/kg を筋注

投与した。

試料はアルコール系列で脱水後スチレンモノマーにて透徹, ポリエステル系レジン (Rigolac, 2001W, 70F) にて包埋, 重合した。切り出しは矢状断ならびに前額断方向に行い, 自動研磨機 (マルトー, ML-150Dc) で約 70 μ の研磨標本を作製し, 透過型蛍光顕微鏡 (日本光学, FL) にてラベリング像を観察した。また, 軟 X 線装置 (Sofron SRO-50) で試料を撮影し microradiogram を作製後, 光学顕微鏡にて観察した。

3. 骨塩定量法

摘出した試料を固定後, photodensitometry および ¹²⁵I-PA にて抜歯創部骨塩量の定量を施行した。

1) photodensitometry による定量

i) X 線規格撮影

X 線規格撮影は, 軟 X 線装置 (Sofron, SRO-50) を用い加圧電圧 50.0 kVp, 管電流 5.0 mA, 露出時間 120 秒, 焦点-フィルム間距離 45.0 cm の条件にて行った。撮影の際, 試料は水槽中に舌側面をフィルム側として静置し, 100 \times 10 \times (0.5~14) mm 大のアルミニウムウエッジと共に撮影した。フィルムは Fuji Softex Film (FG) を用い, 20 \pm 0.5°C でタンク現像後, 定着, 水洗後乾燥処理を施した。また, 同フィルムで抜歯窩の X 線学的変化を肉眼的に観察したのち, 黒化度測定を行った。

ii) 黒化度測定

X 線写真の黒化度測定は Sakura microdensitometer[®] (PDM-5) を用いスリットサイズ 15 μ \times 200 μ , 走査速度 250 μ /sec の条件で行った。黒化度測定範囲は 0.0~4.0 で, これに比例した 0.0~4.0V の直流電圧を A-D コンバータにて単位時間ごとにデジタル信号化し, マイクロコンピュータ (NEC, PC-8001) を通じてディスクに記録した。

走査は歯軸方向に行い, 抜歯窩の近心端から遠心端へ 0.5 mm 間隔で 10 回行った。測定点は上端を歯槽突起辺縁とし, 1 走査につき根尖部を十分に含む 40 点を取り, 1 抜歯窩あたり 400

点の黒化度を測定した。ついで ^{125}I -PA の結果と対比するため、測定領域の辺縁部・中央部・根尖部ならびに歯軸方向の歯根中央相当部について平均黒化度をもとめた。一方、アルミニウム像の中心部を長軸方向へ走査し黒化度を測定後、最小二乗法にて〔黒化度—mmAeq.〕曲線をもとめ、この曲線を用い試料 X 線像の黒化度を mmAeq. に変換した。

2) ^{125}I -photon absorptiometry (^{125}I -PA)

i) 骨塩定量装置

骨塩量の測定には Digital Bone Densitometer[®] (Norland, 2780型) を用いた (Fig.1)。線源から発せられた光子が試料を通過後、減弱された光子エネルギーを NaI (TI) シンチレーションディテクタにて計測し、その減弱率をもとに算出した骨塩量が表示される (Fig.2)。またバックグラウンド値の変動の影響を避けるため骨端認識の境界 (Threshold) が定められ、基準値 (Base line) から一定の割合の減弱率を示した点より骨塩量が測定される。

また、全走査領域での単位長さあたりの骨塩量 (Bone mineral content, g/cm, 以下 BMC と略)、骨幅 (Bone width, cm, 以下 BW と略) および単位面積あたりの骨塩量 (BMC/BW, g/cm²) が同画面上に表示されるほか、カーソルの移動により任意の測定点の光子減弱率が表示される。

ii) 測定方法

Digital Bone Densitometer の走査条件は、走査速度 0.1cm/sec, コリメータ幅 3/32 インチ, Threshold 70% とした。また、試料は測定時における軟組織の影響を排除するため、深さ 2 cm の水槽中に舌側面を検出部に向けて静置した。走査は、X 線写真像にて抜歯窩の位置を確認後、歯軸に直角方向ならびに歯軸方向の二方向について行った。歯軸に直角方向への走査は試料の抜歯創辺縁より根尖側へそれぞれ辺縁部、中央部、根尖部の 3 部位について行い、走査路の中心を辺縁より 3 mm, 6 mm, 9 mm の位置に定め、近心側から遠心側へ行った。一方、歯軸方向への走査は、走査路を根尖部を

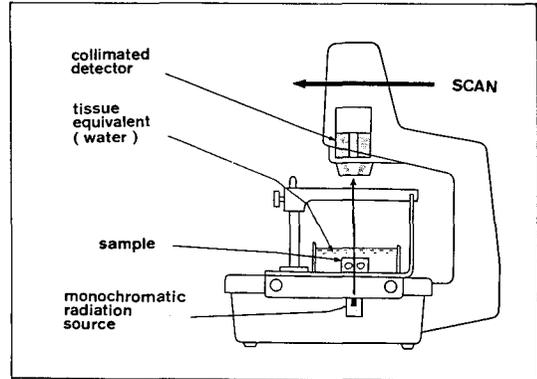


Fig.1 Digital bone densitometer.

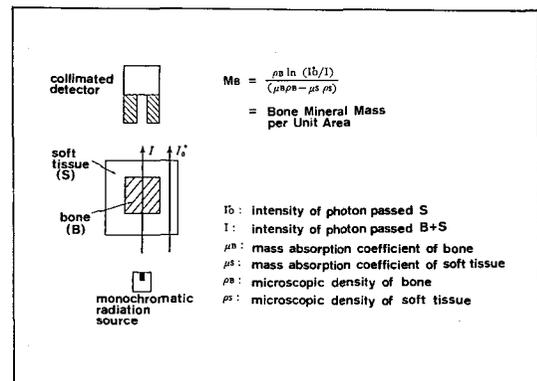


Fig.2 Principle of ^{125}I -photon absorptiometry.

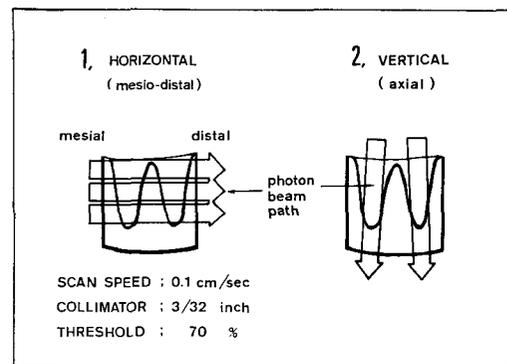


Fig.3 Scanning path on the tooth extraction wounds by ^{125}I -photon absorptiometry.

含む抜歯窩歯根中央相当部を通る位置に定め、近心根部ならびに遠心根部をそれぞれ歯槽頂より根尖側へ行った (Fig.3)。

走査終了後、実験側と対照側の骨端から歯根部分の位置関係を正確に対応させるため、画面

上の対照側の骨塩分布像における歯根部分の測定点と同一部位の測定点を実験側骨塩分布像から抽出し、各点の光子減弱率をカーソル移動により確認後比例定数を乗じ、骨塩量 (g/cm^2) をもとめた。

実験結果

1. 抜歯創部ならびにX線写真の肉眼所見

1) 抜歯創部

抜歯後3日目では、抜歯窩周囲歯肉は抜歯窩側に内翻し創縁に限局した発赤を認め、血餅表層には帯白色の被苔物がみられた。この発赤および被苔物は抜歯後7日目までみられ、抜歯後14日で歯肉新生上皮による上皮化がほぼ完成したが、中央部には陥凹をみとめた。抜歯後28日以降は抜歯創部歯肉は平滑となり、色調は周囲歯肉とほとんど同様となった。

2) X線所見

抜歯後3日目では、抜歯窩相当部の透過性は高度で対照側のものと全く変化はみられず、明瞭な歯槽硬線が連続してみられ、抜歯窩内および周囲歯槽骨の骨梁も明瞭であった。抜歯後7日目では、抜歯窩内の透過性は未だ高度であったが抜歯窩底部に不透過性を呈する所見もみられ、周囲の歯槽硬線は部位により断裂がみられた。

抜歯後14日目、21日目では抜歯窩相当部の不透過性および歯槽硬線の断裂の進行が経時的に観察され、抜歯後28日目では、抜歯窩相当部のX線不透過性は周囲歯槽骨と同程度となり、歯槽硬線は一層細く繊細となった。また、周囲歯槽骨では抜歯窩内と連続した網様構造を呈する骨梁が上方 $\frac{1}{2}$ に多くみられ、下方 $\frac{1}{2}$ の骨梁は粗鬆化を呈した。

抜歯後56日目、84日目にかけては抜歯窩相当部および周囲歯槽骨部における上方 $\frac{1}{2}$ でのX線不透過性ならびに下方 $\frac{1}{2}$ でのX線透過性の進行が観察された。上方 $\frac{1}{2}$ の骨梁が近遠心的に帯状のX線不透過性を示す密な網様構造を呈したのに対し、下方 $\frac{1}{2}$ の骨梁は繊細となりその骨粗鬆化は観察期間を通じて拡大傾向を示した。歯槽

硬線は抜歯後84日目にはほぼ消失し、抜歯窩相当部の識別は困難となった。

2. 組織学所見

抜歯直後：脱灰標本では、抜歯窩内は血餅で満たされ、周囲歯槽骨には吸収・添加は見られなかった。microradiogramでは骨組織はほぼ均等はX線不透過性を示し、抜歯窩内は均一で高度の透過性を呈した。

抜歯後3日目：脱灰標本では、抜歯窩下方 $\frac{1}{2}$ で幼若な肉芽組織の増殖がみられた。周囲歯槽骨では抜歯窩上方 $\frac{1}{2}$ を中心に破骨細胞の出現が認められた。歯肉上皮は創面の $\frac{1}{2}$ を覆い上皮下結合組織内にはびまん性に小円形細胞が散在していた。microradiogramでは抜歯直後の所見とほぼ同様であった。ラベリング所見ではTCの沈着が周囲歯槽突起内の梁状骨表層に一部認められるのみで、抜歯窩内壁にはほとんど沈着をみなかった (Fig.10, 17)。

抜歯後7日目：脱灰標本では、抜歯窩は肉芽組織に満たされており抜歯窩底部には梁状の骨基質の形成もみられ、根間中隔上半部の骨梁周囲には破骨細胞の出現がみられた。また歯肉上皮の組織構築も正常のものに近くなったが、上皮稜は形成されず上皮下結合組織には小円形細胞浸潤が認められた。microradiogramでは、抜歯窩下方 $\frac{1}{2}$ の内側壁に近在して少量のX線不透過巣がみられたが他の骨組織のX線透過度に大きな変化はなかった。ラベリング像では、TCの沈着は抜歯窩内側壁表層下方に強く認められた (Fig. 4, 11, 18)。

抜歯後14日目：脱灰標本では、抜歯窩壁から中央部にかけて幼弱な新生梁状骨の増生を認めた。周囲歯槽骨の骨改造は全域にわたり、また、抜歯窩は明瞭な上皮稜を有し膠原線維の走行が比較的規則的となった上皮で完全に被覆され、上皮直下の円形細胞浸潤は軽度となった。microradiogramでは、抜歯窩内側壁から中央へ向う新生梁状骨が多数観察されたが、X線不透過性は既存の骨に比較して低かった。また周囲歯槽骨ではハバース管などの骨腔の拡大が多数観察された。ラベリング像では、カルセインは抜

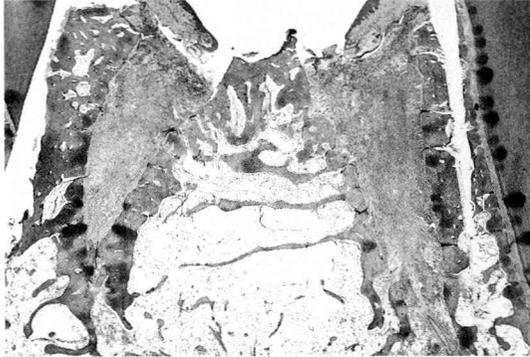


Fig.4 Seven days after tooth extraction. Sockets are filled with granulation tissue and the bone on the margin of the alveolar socket shows resorptive change (H-E stain, $\times 10$).

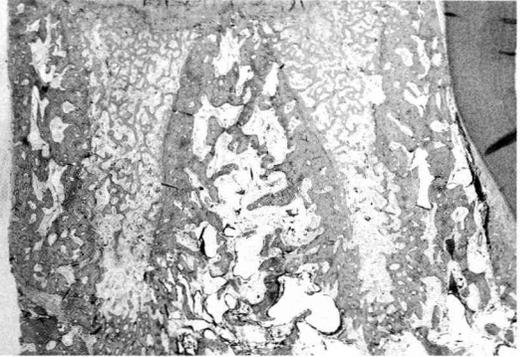


Fig.5 Fourteen days after tooth extraction. Sockets are filled with fibrous connective tissue in which new bone is being laid down (H-E stain, $\times 10$).

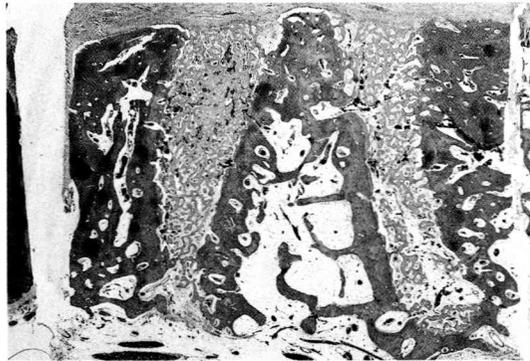


Fig.6 Twenty-one days after tooth extraction. Sockets are almost filled with new bone (H-E stain, $\times 10$).

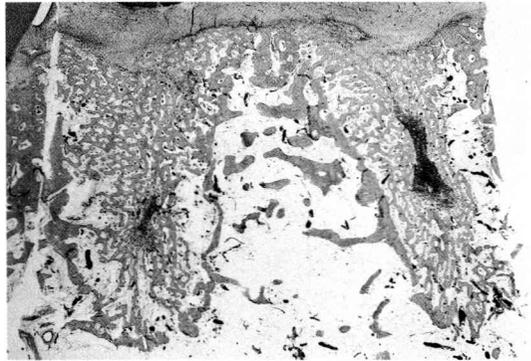


Fig.7 Twenty-eight days after tooth extraction. Sockets are completely filled with new bone and socket wall shows resorptive change (H-E stain, $\times 10$).

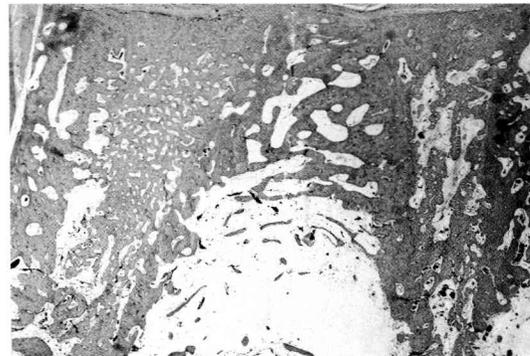


Fig.8 Fifty-six days after tooth extraction. Sockets exhibit a greater apposition of new bone (H-E stain, $\times 10$).

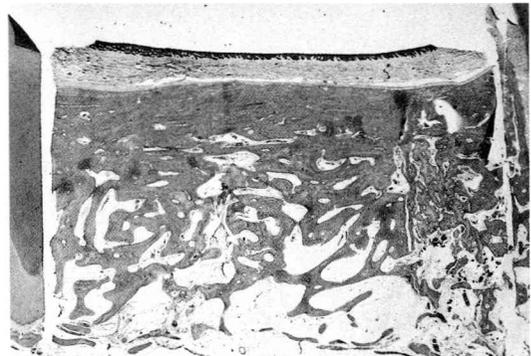


Fig.9 Eighty-four days after tooth extraction. Bone has condensed at the marginal site and has been resorbed at the base (H-E stain, $\times 10$).

歯窩内新生梁状骨に強く沈着したが、歯槽突起部辺縁部にはほとんど沈着がみられなかった。拔牙直後に投与した TC は拔牙窩内新生梁状骨にはほとんど沈着が認められず、むしろ周囲歯槽骨に沈着がみられた (Fig.5, 12, 19)。

拔牙後21日目：脱灰標本では、拔牙窩内に周囲に多数の骨芽細胞を有する新生梁状骨の増生が旺盛にみられたが、新生梁状骨と既存の歯槽骨との境界は明瞭であった。歯肉結合組織内の炎症性細胞浸潤はほぼ消失し、上皮稜は規則的になった。上皮下結合組織中では骨に接する面に一層の線維性被膜構造がみられた。microradiogram では、拔牙窩内に中央の一部を除いたほぼ全域に増生した新生梁状骨が認められたが新生梁状骨のX線不透過性はいまだ低かった。

ラベリング像を観察すると、TC は固有歯槽骨部に帯状に沈着していた。また、カルセインは拔牙窩内新生骨の歯槽壁側に帯状に観察され、アリザリンレッドは拔牙窩内中心部の新生梁状骨および歯槽頂部に沈着がみられた (Fig.6, 13, 20)。

拔牙後28日目：脱灰標本では、拔牙窩内はほぼ新生梁状骨に満たされたが、骨梁はいまだ細く幼若であり、周囲に骨芽細胞が多数配列していた。拔牙窩壁全面に骨質の吸収・添加が認められ、拔牙窩内と歯槽骨の境界が不鮮明となってきた。周囲歯槽骨では吸収、添加による改造がさらに進行し、歯肉上皮は定型的な重層扁平上皮となった。microradiogram では、新生梁状骨により拔牙窩内は完全に満たされ、骨梁の太さもやや太く緻密になったが、周囲歯槽骨と比較するといまだ繊細でX線不透過性もやや低かった。一方、拔牙窩周囲歯槽骨では骨梁間の間隙が増大し粗鬆化が一段と進んでいた。ラベリング像を観察すると、TC は拔牙窩周囲歯槽骨内に少量が沈着しているのみで、カルセインは根間中隔内骨梁表面や拔牙窩底部新生梁状骨に沈着がみられた。またアリザリンレッドは拔牙窩内新生梁状骨の大部分、ならびに歯槽骨頂部に沈着が認められた (Fig.7, 14, 21)。

拔牙後56日目：脱灰標本では、拔牙窩内新生

梁状骨は太く緻密となり、辺縁部から中央部では一部層板状を呈し周囲歯槽骨と拔牙窩内との境界はさらに不明瞭となった。拔牙窩底部付近では、骨梁間に脂肪組織もみられ、骨梁間の骨芽細胞数および未分化間葉細胞数は著しく減少した。また、歯肉上皮は定型的な重層扁平上皮となり、粘膜下結合組織の線維の走行も規則的となった。microradiogram では、拔牙窩内新生梁状骨のX線不透過性は周囲歯槽骨に比べやや低い、拔牙窩辺縁部では層状構造を示す緻密な骨梁が観察された。拔牙窩底部および周囲歯槽骨の骨梁の数は減少した。ラベリング像を観察すると、TC の沈着は固有歯槽骨部骨梁の表面に極めて小範囲に認められたにすぎず、カルセインは拔牙窩内新生梁状骨の高壁側および周囲歯槽骨に沈着がみられた。アリザリンレッドは拔牙窩内新生梁状骨の中心部および歯槽頂辺縁部に沈着がみられた (Fig.8, 15, 22)。

拔牙後84日目：脱灰標本では、拔牙窩歯槽頂部は連続した緻密な層板骨で占められていた。拔牙窩中央部より底部では骨梁は細くなり骨梁間には拡大がみられ、少量の血管や脂肪組織が混在していた。microradiogram では、歯槽頂部においてほぼ均一なX線不透過性を示す緻密な骨が拔牙部から既存の周囲歯槽骨へと連続していた。一方、拔牙窩中央部から底部にかけてはさらに骨の粗鬆化が進行し、梁状骨の数が大幅に減少していた。ラベリング像を観察すると、拔牙窩歯槽頂部から中央部にかけて認められた緻密な骨のハバース管周囲にTCとカルセインが少量沈着していたにすぎなかった (Fig.9, 16, 23)。

3. 骨塩量

1) photodensitometry

photodensitometry によるアルミニウム換算骨塩量の測定結果は Table 1 に示した。

拔牙後3日目：部位別の骨塩量では中央部が高く、根尖部、辺縁部の順に低くなった。対照側との比較では、辺縁部は対照側に対し6.9%の増加を示し、根尖部では対照側に対し5.2%の減少となった。歯軸方向中央部では対照側の

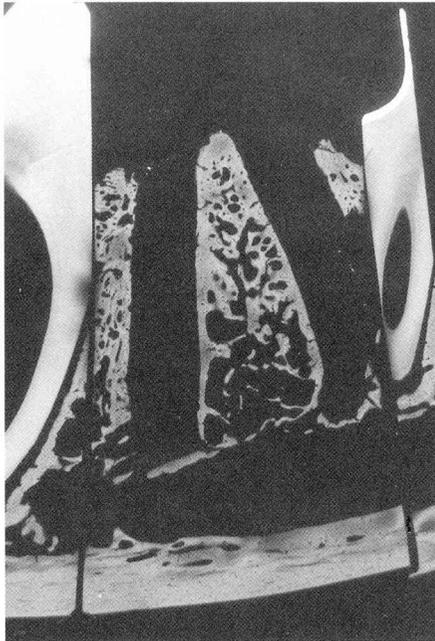


Fig.10 Microradiograph of the socket three days after tooth extraction (x4).

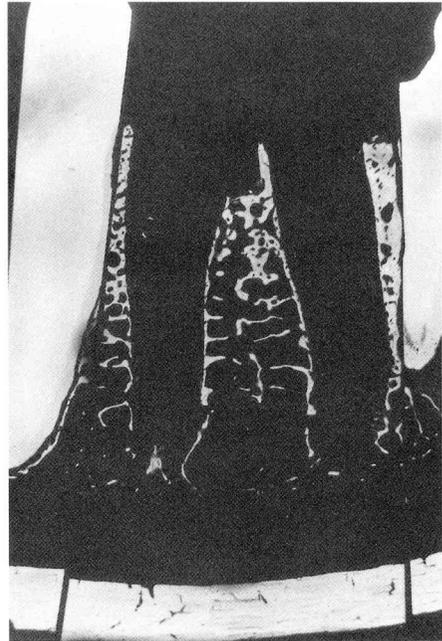


Fig.11 Microradiograph of the socket seven days after tooth extraction (x4).

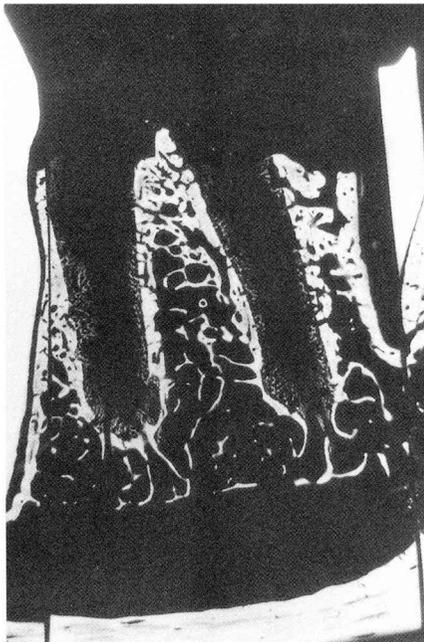


Fig.12 Microradiograph of the socket fourteen days after tooth extraction(x4).

値と近似の値を示した。

抜歯後7日目：部位別の骨塩量の相対的大きさの順序は3日目と同様であった。対照側との



Fig.13 Microradiograph of the socket twenty-one days after tooth extraction (x4).

比較では、すべての部位で減少を示し、辺縁部および中央部では各々の対照側に対してそれぞれ8.9%、5.6%の減少を示し観察期間中でもっ



Fig.14 Microradiograph of the socket twenty-eight days after tooth extraction (x4).



Fig.15 Microradiograph of the socket fifty-six days after tooth extraction (x4).



Fig.16 Microradiograph of the socket eighty-four days after tooth extraction(x4).

とも低い値を示した。また歯軸方向中央部も対照側より低値を示した。

抜歯後14日目：部位別の骨塩量は根尖部が高

く中央部，辺縁部の順に低くなった。対照側との比較では7日目のものに引続き各部位で低値を示した。

抜歯後21日目：対照側との比較では各部位とも対照側の値と近似の値を示し減少傾向は緩和した。歯軸方向中央部は対照側と比較し増加傾向となった。

抜歯後28日目：部位別の骨塩量は中央部が高く根尖部，辺縁部の順に低くなった。対照側との比較では，辺縁部で対照側の値と近似の値を示したほかは対照側の値より低値を示し減少傾向を示した。歯軸方向中央部は対照側と比較し21日目に引続き高値を示したが値は近似のものであった。

抜歯後56日目：部位別の骨塩量の相対的大きさの順序は28日目と同様であったが，56日目では各部位の骨塩量測定値が上昇した。対照側との比較では実験側の辺縁部，中央部が対照側に対し，それぞれ22.8%，4.2%の増加を示し観察期間中で最大の増加を示した。歯軸方向中央部も対照側に対し10.1%の増加となり観察期間中で最大の増加を示した。

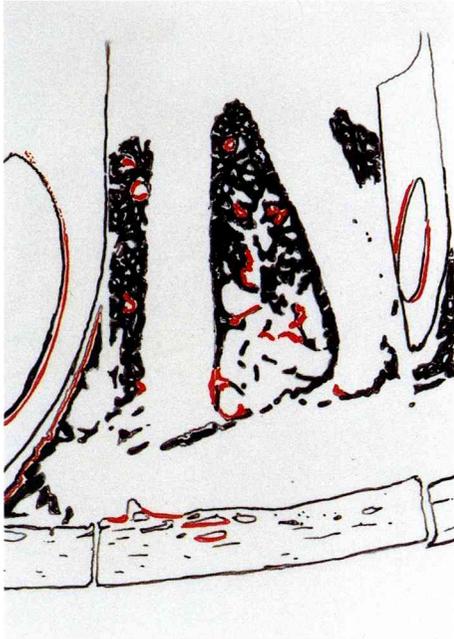


Fig.17 Fluorescent patterns of sockets three days after tooth extraction (TC:red, $\times 4$).

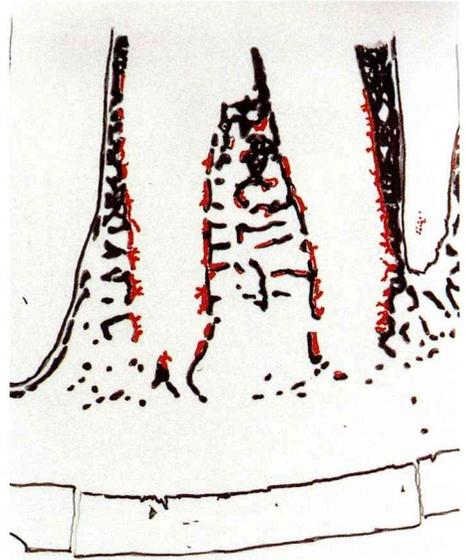


Fig.18 Fluorescent patterns of sockets seven days after tooth extraction (TC:red, $\times 4$).

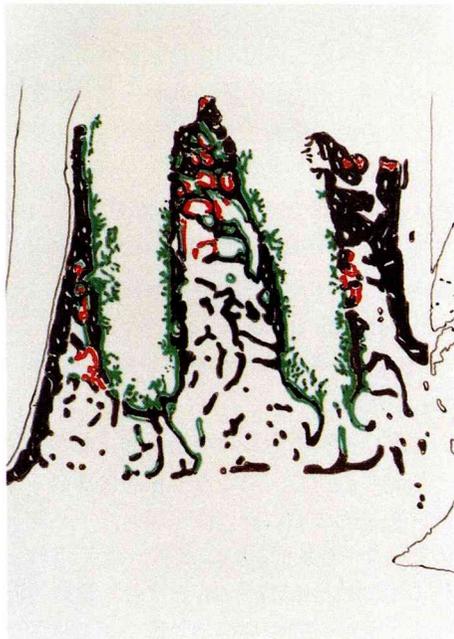


Fig.19 Fluorescent patterns of sockets fourteen days after tooth extraction (TC:red, Calcein:green, $\times 4$).

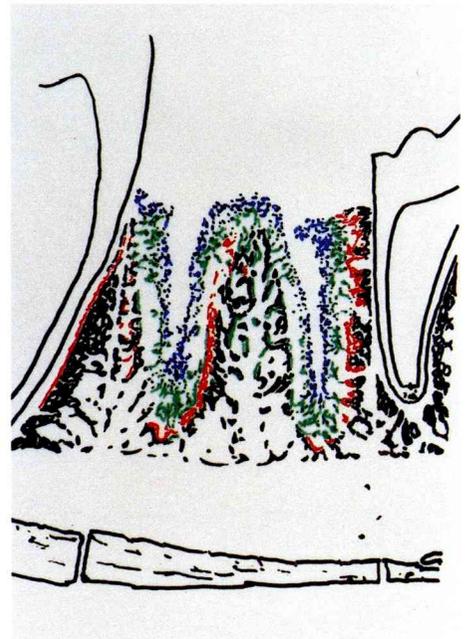


Fig.20 Fluorescent patterns of sockets twenty-one days after tooth extraction (TC:red, Calcein:green, $\times 4$).

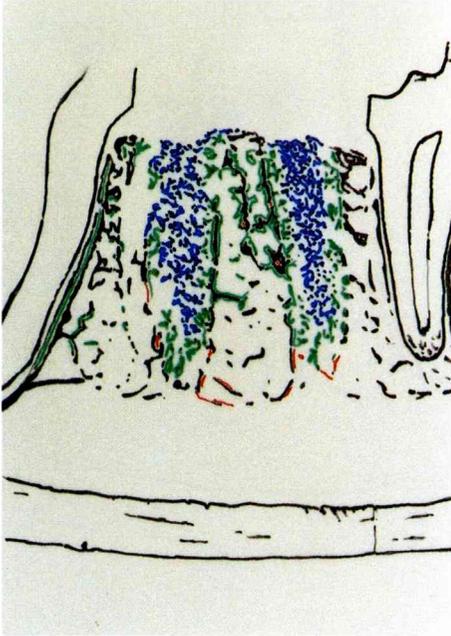


Fig.21 Fluorescent patterns of sockets twenty-eight days after tooth extraction (TC:red, Calcein:green, AR:blue, $\times 4$).

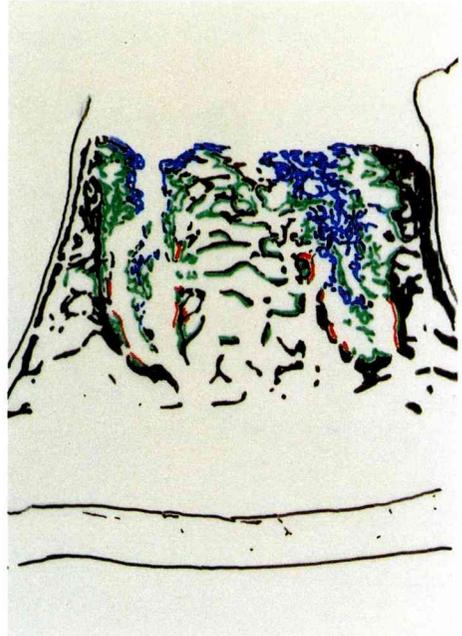


Fig.22 Fluorescent patterns of sockets fifty-six days after tooth extraction (TC:red, Calcein:green, AR:blue, $\times 4$).



Fig.23 Fluorescent patterns of sockets eighty-four days after tooth extraction (TC:red, Calcein : green, $\times 4$).

抜歯後84日目：部位別の骨塩量は中央部が高く、辺縁部、根尖部の順に低かったが辺縁部と根尖部は近似の値を示した。対照側との比較では、辺縁部が19.5%の増加を示したほか、中央部および根尖部では減少し根尖部では7.1%の減少を示し観察期間中で最大の減少を示した (Table 1)。

2) ^{125}I -photon absorptiometry (^{125}I -PA)

^{125}I -PAによる骨塩量の測定結果は Table 2, 3に示した。

対照側全試料に対し骨塩量を測定した結果では、歯軸に直角方向の走査で根尖部が高く、中央部、辺縁部の順に低い値を示し、その割合は根尖部側から2.2 : 1.9 : 1となった。これら3部位の平均値は $0.51\text{g}/\text{cm}^2$ となり、歯軸方向走査による歯軸方向中央部の骨塩量もほぼ同値を示した (Table 2)。

抜歯後3日目：歯軸に直角方向の走査では各部位の骨塩量は対照側に比較していずれも減少を示した。辺縁部では対照側に対して10.1%の

Table 1. Bone mineral content of extraction wound by photodensitometry (mmAl eq. \pm S.E.).

days	3	7	14	21	28	56	84
marginal site	2.48 \pm 0.165	2.48 \pm 0.191	2.18 \pm 0.050	2.39 \pm 0.127	2.45 \pm 0.036	2.91 \pm 0.134	2.76 \pm 0.254
control	2.32 \pm 0.216	2.72 \pm 0.092	2.35 \pm 0.070	2.47 \pm 0.244	2.43 \pm 0.173	2.37 \pm 0.135	2.31 \pm 0.251
central site	3.33 \pm 0.102	3.63 \pm 0.182	3.37 \pm 0.084	3.59 \pm 0.246	3.47 \pm 0.290	3.73 \pm 0.230	3.21 \pm 0.349
control	3.33 \pm 0.055	3.84 \pm 0.185	3.54 \pm 0.173	3.57 \pm 0.285	3.55 \pm 0.357	3.58 \pm 0.222	3.32 \pm 0.296
apical site	3.13 \pm 0.412	3.54 \pm 0.123	3.68 \pm 0.166	3.63 \pm 0.435	3.21 \pm 0.343	3.59 \pm 0.240	2.75 \pm 0.378
control	3.30 \pm 0.311	3.70 \pm 0.165	3.87 \pm 0.129	3.60 \pm 0.377	3.42 \pm 0.372	3.73 \pm 0.205	2.96 \pm 0.289
axial-central site	2.92 \pm 0.311	3.18 \pm 0.161	3.08 \pm 0.098	3.14 \pm 0.227	3.05 \pm 0.205	3.48 \pm 0.201	2.90 \pm 0.320
control	2.94 \pm 0.260	3.33 \pm 0.153	3.16 \pm 0.161	3.08 \pm 0.288	3.04 \pm 0.273	3.16 \pm 0.185	2.79 \pm 0.264

Table 2. Bone mineral content of extraction wound by ¹²⁵I-photon absorptiometry (control side).

site	mean of all (g/cm ² \pm S.E. %)		ratio
marginal site	0.300 \pm 0.005	1.53	1
central site	0.582 \pm 0.014	2.47	1.9
apical site	0.658 \pm 0.013	1.95	2.2
mean	0.514 \pm 0.0075	1.45	—
axial-central site	0.520 \pm 0.018	3.47	—

減少となり、同部の観察期間中最大の減少となった。歯軸方向の走査による歯軸方向中央部は対照側の値よりやや増加を示した。

抜歯後7日目：歯軸に直角方向の走査では、中央部、根尖部対照側と比較しそれぞれ9.3%、5.0%の減少を示し、観察期間中中央部ならびに根尖部で最大の減少となった。歯軸方向中央部も対照側と比較しやや減少傾向を示した。

抜歯後14日目：歯軸に直角方向の走査では各部位とも対照側の値に近似し抜歯後7日目より増加した。歯軸方向中央部は抜歯後7日目と同様に減少傾向が引続いてみられた。

抜歯後21日目：歯軸に直角方向の走査では、

各部位とも14日目に引続き緩やかな増加傾向を示した。歯軸方向中央部でも骨塩量の増加を示し、対照側に対し12.5%の増加となり観察期間中で最大の増加を示した。

抜歯後28日目：歯軸に直角方向の走査では対照側と比較し辺縁部は増加し、中央・根尖部は減少となるがその差は小さかった。歯軸方向中央部は対照側と比較して増加を示したが、その値は対照側よりわずかに増加したにすぎなかった。

抜歯後56日目：歯軸に直角方向の走査では各部位の骨塩量が上昇した。辺縁部、中央部、根尖部は対照側と比較してそれぞれ36.7%、10.9%、11.5%の増加を示し、中央部および根尖部では56日が観察期間中の同部位で最大の骨塩量増加となった。歯軸方向中央部では対照側に対して9.9%の増加を示し、中央部および根尖部の増加量とほぼ同程度であった。

抜歯後84日目：歯軸に直角方向の走査では、辺縁部で対照側に対し46.9%の増加を示し、観察期間中かつ全部位中における最大の増加量となった。また中央部は対照側に対し6.0%の増加を示したが、逆に根尖部では減少傾向を示した。歯軸方向中央部では対照側に対し5.7%の

Table 3. Bone mineral content of extraction wound by ^{125}I -photon absorptiometry
($\text{g}/\text{cm}^2 \pm \text{S.E.}$).

days	3	7	14	21	28	56	84
marginal site	0.270 \pm 0.022	0.270 \pm 0.015	0.304 \pm 0.056	0.325 \pm 0.008	0.322 \pm 0.011	0.432 \pm 0.023	0.429 \pm 0.046
control	0.301 \pm 0.054	0.283 \pm 0.015	0.294 \pm 0.046	0.306 \pm 0.032	0.314 \pm 0.019	0.316 \pm 0.034	0.292 \pm 0.026
central site	0.529 \pm 0.028	0.595 \pm 0.032	0.561 \pm 0.028	0.578 \pm 0.017	0.573 \pm 0.041	0.651 \pm 0.035	0.634 \pm 0.045
control	0.555 \pm 0.039	0.656 \pm 0.010	0.553 \pm 0.056	0.545 \pm 0.026	0.581 \pm 0.065	0.587 \pm 0.043	0.598 \pm 0.059
apical site	0.659 \pm 0.031	0.690 \pm 0.023	0.654 \pm 0.023	0.663 \pm 0.025	0.612 \pm 0.027	0.720 \pm 0.032	0.609 \pm 0.067
control	0.677 \pm 0.052	0.726 \pm 0.046	0.649 \pm 0.043	0.634 \pm 0.031	0.643 \pm 0.073	0.646 \pm 0.047	0.628 \pm 0.063
axial-central site	0.595 \pm 0.017	0.566 \pm 0.028	0.517 \pm 0.021	0.547 \pm 0.018	0.475 \pm 0.021	0.557 \pm 0.017	0.499 \pm 0.038
control	0.581 \pm 0.028	0.574 \pm 0.024	0.530 \pm 0.032	0.486 \pm 0.016	0.463 \pm 0.025	0.507 \pm 0.020	0.472 \pm 0.035

増加となり、抜歯後56日目の増加量を下回る結果となった (Table 3)。

一方、観察期間を通して部位ごとの骨塩量の変化を経時的に観察すると以下のごとくである。

P₁部の歯軸に直角方向の走査による骨塩量実数値の変化は、全般的に根尖部が高値を示し中央部、辺縁部の順に低い値を示した。辺縁部では抜歯後3日より28日目まで漸次増加傾向を示したのち、56日、84日にかけて顕著な骨塩増加を示した。中央部でも全期間を通じ漸次増加傾向を示したが、辺縁部のような顕著な増加はみられなかった。根尖部では抜歯後56日目で一時高値となるが経時的に漸減傾向を示した (Fig. 24)。

P₄部骨塩量の対照側と比較した結果を歯軸に直角方向への走査結果にて経時的に検討すると、辺縁部では抜歯後3日目に最大の減少を示したのち経時的に増大した。とくに56日～84日にかけて骨塩量増加が著しく、骨塩量の変動は対照側の値と比較して-10.1%～+46.9%と顕著であった。また、中央部でも辺縁部と同様に抜歯後初期の3日および7日目で骨塩減少を示し、以後経時的に増加傾向を示した。しかし、骨塩量の変動は辺縁部ほど顕著ではなく、対照側の値と比較して-9.3%～+10.9%の範囲を示した。根尖部では抜歯後3日および7日目に

他の二部位と同様に減少を示したが、以後増減を繰返し、56日目で最大の増加量を示したのち84日目では逆に減少傾向を示した。骨塩量の変動は辺縁部、中央部に比較して小さく、-5.0%～+11.5%の範囲を示した (Fig. 25)。

歯軸方向の走査による骨塩量の実数値の結果は Fig. 26 に示し、同じく対照側との比較結果を Fig. 27 に示す。対照側との比較結果を観察すると、抜歯後3日目で一時骨塩量の増加を示すが、抜歯後7日～14日目では減少傾向を示した。抜歯後21日以降は増加傾向となったが、84日にかけてその増加量は低下傾向を示した (Fig. 26, 27)。

考 察

抜歯創の骨創治癒過程は、通常臨床的およびX線写真によるX線透過性の変化にて肉眼的に観察されている。これを定量的に検索するために従来より photodensitometry が応用されてきた²⁶⁻³⁰⁾。一方、Cameron, et al¹⁹⁾による ^{125}I -PAは単色光子束を用い骨塩量を被験体から直接測定するもので、簡便でかつ優れた精度が評価されている²⁰⁻²⁵⁾。口腔領域での ^{125}I -PAによる骨塩量定量に関する報告は、Henrikson³¹⁾、Hausman et al³²⁾、MacHenry et al³³⁾による歯周疾患に関する歯槽骨骨塩量の変動、

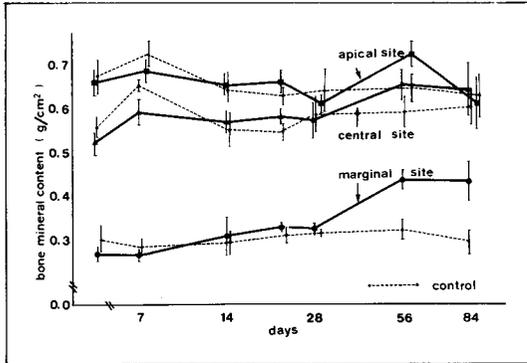


Fig.24 Changes of bone mineral content of tooth extraction wounds by ¹²⁵I-photon absorptiometry (transverse scanning, mean ± S.E.).

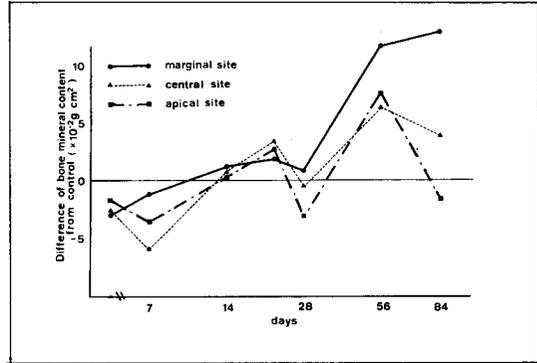


Fig.25 Difference in bone mineral content of tooth extraction wounds from control by ¹²⁵I-photon absorptiometry (transverse scanning).

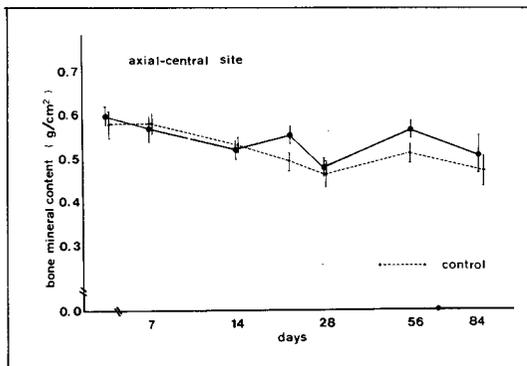


Fig.26 Changes of bone mineral content of tooth extraction wounds by ¹²⁵I-photon absorptiometry (vertical scanning, mean ± S.E.).

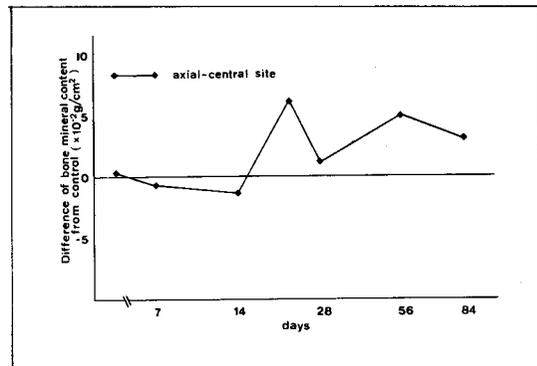


Fig.27 Difference in bone mineral content of tooth extraction wounds from control by ¹²⁵I-photon absorptiometry (vertical scanning).

von Wowern³⁴⁾による無歯顎患者下顎骨骨塩量の測定、および Hagaman et al.³⁵⁾による授乳に関するラット下顎骨骨塩量の検討などがみられる。しかし、抜歯創治癒に関する実験的研究は著者が渉猟した範囲では見出しえなかった。著者は ¹²⁵I-PA を用いて測定した抜歯創の治癒過程における骨塩量の変化を、従来より行われている photodensitometry による検索および組織学的所見と対比して検討を試みた。

1. 研究方法について

photodensitometry は非侵襲的骨塩定量方法の一つであり、Price³⁶⁾を始めとして比較的早期に口腔領域に應用されてきた³⁷⁻⁴⁰⁾。

抜歯創治癒過程における X線写真を用いた定

量的研究は、茂木¹³⁾、von Lichtenau¹⁴⁾、松井¹⁵⁾、木村¹⁶⁾などにより X線写真の黒化度ないし銅等価値にて検索されている。本研究では等価換算のため、骨の X線減弱度により近似したアルミニウムをスロープ状に加工し、参照体として用いた^{29,30,37,38)}。その結果、連続的に変化した多数の測定点がアルミニウム像上にて得られ、最小二乗法による〔黒化度—mmAeq.〕曲線の近似も良好であった⁴¹⁾ (決定係数 $r = 0.998$)。試料の撮影条件を種々変えて検討したところ、加圧電圧 50.0kVp、管電流 5.0mA、露出時間 120秒、焦点—フィルム間距離 45cm の条件にて適正な黒化度が得られ⁴²⁾、コントラスト、鮮鋭度ともに良好なものになった。本研究では解像度を考

慮し³⁰⁾、マイクロフォトメータのスリット幅を15 μ に設定したところ、計測点ごとの黒化度のばらつきも比較的小さく満足すべき値が得られた⁴⁰⁾。また、¹²⁵I-PAが軟組織に影響されずに生体での骨塩量を測定する機構を有するため、今回比較対象として行ったphotodensitometryの条件も合致させる目的で水中に試料を静置して撮影した。続いて¹²⁵I-PAの部位別にみた骨塩量測定値との比較のために、測定した近遠心各1根あたり400点の黒化度をmmAeq.に換算後、辺縁部、中央部、根尖部ならびに歯軸方向の歯根相当中央部について骨塩量を評価した。

一方、¹²⁵I-PAについてSorenson et al.²⁰⁾は屍体から得た骨(上腕骨、尺骨、腓骨、肋骨、中手骨)の骨塩量測定値と実際の灰分量との関連を検索した結果、相関係数は0.99と優れていることを報告し、また再現性も高く誤差は3%以内であるとされている²¹⁻²⁴⁾。本研究において全対照側の試料の骨塩量をもとめると、その標準誤差は測定値の1.5%~2.5%と比較的小さな値を示した。さらに、同じ大きさの対照側試料にて抜歯創部を同一部位にて比較することにより骨塩量の変化を正確にとらえられた。

歯軸に直角方向の走査では、X線写真上での計測で抜歯窩の深さは10.2mm \pm 0.2mmS.E.でありミリメートル幅が3/32インチであることから、辺縁部歯肉表面からの距離を基準として辺縁部、中央部、根尖部の三部位を走査することにより抜歯窩のほぼ全域を包括することができたとともに、抜歯創中での骨塩の局在の様相や各部位での経時的変化をとらえることができた。

歯軸方向の走査では、X線写真上での計測で抜歯窩の歯根中央部幅径が2.8mm \pm 0.1mmS.E.でありミリメートルの幅はその86%を占め、走査路を根尖部を含む抜歯窩歯根相当部として測定することにより歯根中央部を中心とした抜歯創部全体の骨塩量がも定められた。

2. 肉眼所見ならびに組織学的所見について

経時的にみた抜歯創の肉眼所見は従来の正常解放性抜歯創治癒過程における肉眼所見とほぼ一致し^{1,3,4,5,8)}、自験例の所見は正常治癒経過の

ものと考えられた。

犬抜歯創をX線写真上にて肉眼的に観察する際、その指標として抜歯窩の陰影化すなわちX線不透過性の亢進、抜歯窩の消失化、歯槽硬線の消失、および抜歯窩内骨梁の不明瞭化などがあげられる⁵⁾。これらの中で抜歯窩の陰影化は抜歯創の治癒を診断するうえで最も信頼性が高いとされる⁵⁾。これらの経時の変化を考慮すると、自験例は一般的正常所見に合致するものであったと考えられる。

犬の正常解放性抜歯創を組織学的に観察した報告は従来より多数みられ、脱灰標本による観察^{1-6,8,9)}、ならびに蛍光物質標識法およびmicro-radiogramを応用した観察^{10,11,12)}などがあるが、それらの所見には大きな差はみられない。自験例にて観察した脱灰H-E所見、ならびに蛍光物質標識法およびmicroradiogramによる所見はこれら諸氏の報告と共通するものが多く、組織学的にも正常な解放性抜歯創の治癒過程とする従来の報告と一致する所見であった。

3. photodensitometryの結果について

抜歯創治癒過程の組織学的変化では、抜歯後3~7日で抜歯窩壁を中心とする吸収性変化が優勢にみられる。抜歯創X線像の肉眼的観察ではこの抜歯後初期の吸収性変化は認識されないが、photodensitometryにより骨塩減少所見がみとめられた。これは骨組織のX線診断における肉眼的観察能力の限界という問題点²⁰⁾が、精密な光学機器を用い黒化度を測定することにより改善された点と考えられる^{25,29,30)}。

抜歯後14日~28日にかけては組織学的に抜歯窩内の新生梁状骨の活発な形成が観察され、X線写真上の抜歯窩像の肉眼的観察によっても新生骨によると思われる抜歯窩内不透過像が観察された。骨塩量としては抜歯後21日目の歯軸方向中央部の測定値が骨塩増加傾向を示したが、黒化度の測定範囲として近遠心歯槽骨も含まれている辺縁部、中央部、根尖部の各骨塩量の増加はみられない点を考慮すると、抜歯窩内の骨増生とともに進行する周囲骨の吸収性改造機転の影響が考えられる^{11,12)}。

抜歯後56日～84日では、抜歯窩内新生梁状骨の上方 $\frac{1}{2}$ における緻密化と、下方 $\frac{1}{2}$ における骨の粗鬆化とをよく反映した骨塩量の推移が観察され、部位別にみた辺縁部、中央部、根尖部各骨塩量測定値にこの点があらわれている¹⁰⁾。歯軸方向中央部の骨塩量は、これら部位別の所見を併わせ考慮すると、抜歯創上方部の骨塩増加傾向ならびに下方部における骨の粗鬆化を伴う骨塩の減少が総合され得られた結果と考えられ、84日で辺縁部骨塩量が増加傾向を続ける反面、歯軸方向中央部では対照側の値に近づくのもこの理由によると思われる。photodensitometryは以上の各観察時期による正常抜歯創の肉眼的所見ならびに組織学的所見を比較的良好に反映したと考えられた。

4. ¹²⁵I-photon absorptiometryの結果について

1) 歯軸に直角方向の走査による骨塩量の変化について

抜歯後3日での辺縁部における骨塩減少量は対照側の10.1%を示し他部位よりも骨塩減少が大きい、これは抜歯操作時の外傷性刺激^{1,2)}や、不完全な歯肉上皮の被覆のため外来刺激の防御機構が十分に機能しない点³⁾が理由として考えられる。抜歯後7日目では辺縁部よりは中央部、根尖部での減少量が多い。これは歯肉上皮の保護により辺縁部骨塩喪失量の制限が生じるとともに、抜歯直後より開始されていた抜歯窩壁を中心とする骨吸収機転が中央部および根尖部にて進行し7日目で骨塩量として明らかになったためと考えられる。これと同時に、組織学的所見では抜歯後7日目前後で抜歯窩底部を中心とし新生梁状骨の形成開始がみられるようになるが^{4,5,6)}、この新生梁状骨は幼若で微細であり骨塩量としてその変化を把握することは同部の改造機転の進行と併わせ考えると困難であったと考えられる。

抜歯後初期の骨塩量の最大減少時より抜歯後21日まで、辺縁部、中央部、根尖部各部分ではそれぞれ対照側に対し骨塩量の増加を示した。これは歯肉上皮の被覆が抜歯後14日目前後で完成さ

れる^{4,7,8)}点および骨の新生過程における血管系の発達点⁹⁾が抜歯後初期の骨性治癒に重要な意味を持つ⁷⁾ためと考えられる。

犬抜歯創治癒においては抜歯後約1ヶ月で抜歯窩内は新生骨梁で満たされるといわれ^{1,5,6,11)}、抜歯後28日目の組織所見では歯槽頂部まで増生した新生梁状骨がみられた。また、同時に抜歯窩底部、抜歯窩周囲骨の改造機転と思われる骨梁の吸収所見もすでにみられた^{6,11)}。辺縁部の骨塩増加量がやや低い、これは既存の歯槽突起部の吸収性改造機転と併せて新生梁状骨の石灰化度がまだ低く、辺縁部総骨量における幼若な新生骨の占める割合が増加したことが考えられる。

抜歯後56～84日にかけての辺縁部の骨塩量増加は著しく、対照側に比較して56日で37%、84日で47%の増加を示した反面、根尖部では骨塩量の減少を示し、抜歯創における骨塩増加・減少の局在化が明らかとなってきた。このような変化に関し、辺縁部での骨の緻密化は辺縁部歯肉や隣接歯を介して伝えられる咀嚼圧や顎骨全体に加わる機能圧に対応する変化とされ^{11,12)}、また抜歯窩中央～底部の周囲歯槽骨の粗鬆化は歯牙喪失による機能圧の欠如に対応する機能的構造の喪失を意味するとされている^{11,12)}。ラベリング像ならびにmicroradiogram所見での形態学的観察によって得られた骨の新生や改造の動態も諸家の報告と一致した結果が得られた^{11,12)}。さらに¹²⁵I-PAを用いてこのような骨改造に伴う骨塩増加および減少の局在化における経時的变化を骨塩量の観点から把握しえたことは、骨創治癒過程の正確な評価のために意義あるものと考えられる。

2) 歯軸方向の走査による骨塩量の変化について

歯軸方向中央部では、抜歯後3日目で組織学的に抜歯窩上方 $\frac{1}{2}$ を中心とする骨吸収傾向がみられる反面、骨塩測定結果では減少は示さなかった。これは本走査路が抜歯創歯根相当部中央を通るため、コリメータの幅を考慮すると辺縁部の近遠心壁付近の骨塩量が十分に把握しえなかつ

た点が要因として考えられる。また、歯根相当部中央を観察の対象としたため、抜歯窩中心部まで梁状骨が増生した抜歯後21日目に骨塩増加がみられ、歯軸に直角方向への走査結果での14日目で骨塩増加がみられた点に比較して時期が多少遅延したことが考えられる。抜歯後21日目では骨塩増加量が比較的大きいが、これは組織学的所見にて辺縁部、中央部、根尖部各部において抜歯窩内の増骨性変化がみられ、走査路上ではこの造骨性変化が骨塩量の変化に反映したためと思われる。抜歯後56日および84日にかけての骨塩増加量は、歯軸に直角方向の結果に対して比較的小さく、84日にかけて骨塩増加量は漸次減少した。この点に関し部位別骨塩量の結果を併わせ考慮すると、本走査結果は抜歯創上方部の緻密な骨形成に伴う骨塩増加、ならびに下方部における骨の粗鬆化に伴う骨塩減少それぞれが総合され得られた結果と考えられ、恒常状態への移行がうかがわれた。

5. 骨塩定量方法について

^{125}I -PA の結果に photodensitometry の結果を対比させると、部位ごとにみた場合の相対的骨塩量の大きさが根尖部ないし中央部、辺縁部の順に低くなる点、ならびに経時的にみた場合、抜歯後3～7日目の骨塩減少傾向、14～28日目の骨塩増大傾向および56～84日の骨塩沈着・吸収の局在化が明らかとなる点などで両者はその概略において傾向の一致をみた。

一方、各観察期間での実験側の対照側に対する増加、減少の割合が ^{125}I -PA によるものでは photodensitometry に比べて大きく、明らかな傾向を示し、とくに抜歯後56日、84日目の辺縁部では ^{125}I -PA での変化量36.7%、47%に対して、photodensitometry では22.8%、19.5%の増加にとどまった。この点に関し photodensitometry ではフィルムの黒化度を介して骨塩量を算出するため、そのフィルム特性の影響を受けやすく、とくに寛容度に限界があることが大きく影響したと考えられる⁴³⁾。さらに、複雑な操作を要する photodensitometry の特質を考慮すると、簡便に骨塩量絶対値が得られる ^{125}I -

PA は非侵襲的骨塩定量法として有用な方法であると考えられた。

結 論

犬抜歯創治癒過程について成犬28頭を用い、 $\overline{\text{P}_1}$ 部抜歯創部骨塩量の変化を ^{125}I -photon absorptiometry にて検索し、また photodensitometry による骨塩量の間接的測定および組織学所見とともに検討し、以下の結論を得た。

1. 抜歯創部歯肉新生上皮の完成は臨床的に抜歯後14日～21日で見られ、骨塩量の増加性変化に重要な意義を持つと考えられた。
2. 抜歯創部 X線像では、経時的な抜歯窩内 X線不透過性の増加と辺縁部での骨梁像の緻密化ならびに中央部～根尖部での骨粗鬆化の進行が観察された。
3. 組織学的所見により抜歯後3日、7日では抜歯窩壁、周囲骨上方 $\frac{1}{2}$ を中心とする骨吸収傾向がみられた。新生梁状骨の出現は抜歯後7日目の窩底部付近にみられ、抜歯後28日目には抜歯窩内を満たした。抜歯後56日～84日にかけては辺縁部での骨梁の緻密化とともに中央部、根尖部骨梁の改造機転が進行した。
4. ^{125}I -PA による抜歯創部骨塩量の経時的変化は組織学的所見の傾向に一致した。
5. 抜歯創部骨塩量は $0.270\sim 0.720\text{g}/\text{cm}^2$ の値を示し、その実数値は観察期間を通じ根尖部が最も高く、中央部、辺縁部の順に小さかった。
6. 経時的にみられた骨塩沈着の辺縁部への局在化ならびに中央～根尖部へかけての吸収性改造機転の進行とによる辺縁部、中央部、根尖部各骨塩量の均一化傾向は、歯牙喪失による環境の変化に対応したものと考えられた。
7. 各部位骨塩量の均一化に伴い、抜歯後56日以降の抜歯創部骨塩量は恒常状態への移行を示し、その際骨塩量の値は顕著な増加は示さず一定の範囲内にとどまることが示唆された。
8. photodensitometry によっても骨塩量変化の傾向は把握し得たが、操作の簡便さおよび骨塩量実数値が得られる点で ^{125}I -PA の有用

性が示唆された。

謝 辞

稿を終るにあたり、御懇篤な御指導と御校閲を賜りました恩師関山三郎教授に深甚なる謝意を捧げます。また終始御懇切な御指導を頂いた当講座結城勝彦助教授に衷心より感謝の意を表します。さらに本学口腔病理学講座武田泰典講師、ならびに歯科放射線学講座小豆島正典講師

に深謝致します。また貴重な器材の使用を御快諾頂き御懇切な御助言を賜った東京都立養育院附属病院内分泌科白木正孝博士に深甚なる謝意を表します。併せて本研究の遂行に際し、御助言を頂きました深澤 肇講師に深く感謝するとともに口腔外科学第二講座医局員各位に心より謝意を表します。

本論文の要旨は1986年5月15日第40回日本口腔科学会総会ならびに1986年10月17日第31回日本口腔外科学会総会において発表した。

Abstract : A study was carried out by ¹²⁵I-photon absorptiometry in tooth extraction wounds of dogs to determine the bone mineral content of the mandibular premolar region. The bone mineral content of excised mandibles was measured on the 3rd, 7th, 14th, 21st, 28th, 56th, and the 84th day, respectively, after tooth extraction. These were then compared with the values obtained by photodensitometry and by histological findings.

The bone mineral content obtained by ¹²⁵I-photon absorptiometry varied within a range of 0.270 and 0.720 g/cm², over a period of 84-days. The highest mineral content value was noted in the apical site. Lower values were noted in the central site and with still lower values in the marginal site.

In each case the bone mineral content which decreased on the 3rd and 7th day after extraction tended to increase gradually thereafter. On the 56th and 84th day after tooth extraction, an increase in bone mineral in the marginal site and a decrease in the apical site was observed. This observation indicated that homogenization of the bone mineral occurred in the tooth extraction wound. Bone changes in the histological findings related to the healing process and the changes of values obtained by photodensitometry coincided with the changes shown in ¹²⁵I-photon absorptiometry.

文 献

1) Euler, H.: Die Heilung von Extraktionswunden. *Dtsch. Mschr. Zahnheilk.* 24 : 685—700, 1923.
 2) Meyer, W.: Die Heilung von Extraktionswunden unter abnormen Verhältnissen. *Z. Stomat.* 8 : 521—549, 1924.
 3) Meyer, H. : Heilungsvorgänge in der Alveole nach normaler Zahnextraktion. *Schweiz. Mschr. Zahnheilk.* 45 : 571—601, 1935.

4) 広瀬 清 : 抜歯創の治癒機転に関する実験的研究, 第1回報告 : 解放性抜歯創の治癒に関する組織学的研究, (その一, その二, その三), 歯科学報, 40 : 321—342, 427—442, 525—529, 1935.
 5) 高橋庄二郎 : 抜歯創治癒経過のレントゲンのならびに病理組織所見に関する実験的研究 (その一, その二, その三, 完) 歯科学報, 52 : 212—216, 265—271, 324—330, 375—379, 1952.
 6) 下川敏夫 : 抜歯創の治癒過程に関する知見補遺, 第I編 犬に於る抜歯創の治癒過程に関する組織学的並びにレ線学的研究, 久留米医学会誌, 16 : 817—853, 1953.

- 7) 野間弘康 : 抜歯創の血管新生およびその経過に関する実験的研究, 歯科学報, 66 : 288—365, 1966.
- 8) 前田睦夫 : 抜歯後の治癒経過に関する補綴学的考察, 歯科医, 29 : 16—38, 1966.
- 9) Pietrokovsky, J. and Massler, M. : Ridge Remodeling after Tooth Extraction in Rats. *J. Dent. Res.*, 46 : 222—231, 1967.
- 10) Boyne, P. J. : The Use of Tetracycline in Studies of Bone Healing. *Advance in Oral Biology* ; Academic Press, pp121—144, 1968.
- 11) 大野康亮 : 抜歯窩骨性治癒過程の microradiography ならびにラベリング法による研究, 歯学, 60 : 839—868, 1973.
- 12) 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による研究, 歯基礎医学会誌, 18 : 1—52, 1976.
- 13) 茂木健司 : 抜歯創の治癒に関する X線学的ならびに組織学的研究, 口腔病学会誌, 38 : 33—57, 1971.
- 14) von Lichtenau, L., Bollinger, K., Bohringer, H. : Röntgen densitometrische Knochenstrukturuntersuchungen nach Zahnextraktionen, *Dtsch. zahnärztl. Z.* 31 : 585—590, 1976.
- 15) 松井 隆 : 抜歯創治癒に関する X線学的研究—とくに自動濃度読取装置による分析—, 歯科学報, 83 : 615—651, 1983.
- 16) 木村光孝, 鬼塚一徳, 内上掘征人, 森高久恵, 加来弘志, 今浪加寿栄 : 乳歯抜歯窩骨性治癒過程に関する X線学的検索, 小児歯誌, 23 : 44—55, 1985.
- 17) 進藤正信 : Osteolathyrisism ラットの抜歯創の破骨細胞性骨吸収に関する形態学的研究, 歯基礎医学会誌, 24 : 668—705, 1982.
- 18) Guglielmotti, M. B. and Cabrini, R. L. : Alveolar Wound Healing and Ridge Remodeling in the Rat. *J. Oral. Maxillofac. Surg.* 43 : 359—364, 1985.
- 19) Cameron, J. R. and Sorenson, J. : Measurement of Bone Mineral in vivo : An Improved Method. *Science.* 142 : 230—232, 1963.
- 20) Sorenson, J. and Cameron, J. R. : A Reliable In Vivo Measurement of Bone Mineral Content. *J. Bone. Joint. Surg.* 49 : 481—497, 1967.
- 21) Colbert, C. BEE, Mazess, R. B., Schmidt, P. B. : Bone Mineral Determination In Vitro by Radiographic Photodensitometry and Direct Photon Absorptiometry. *Invest. Radiol.* 5 : 336—340, 1970.
- 22) Goldsmith, N. F., Johnston, J. O., Ury, H., Vose, G., Colbert, C. BEE. : Bone Mineral Estimation in Normal and Osteoporotic Women, *J. Bone. Joint. Surg.* 53 : 83—100, 1971.
- 23) 白木正孝, 折茂 肇 : Bone Mineral Analyser, 骨代謝, 14 : 105—116, 1981.
- 24) Wahner, H. W. Dunn, W. L. : Nuclear Medicine : Quantitative Procedures, Little, Brown and Company, Boston / Tronto, pp107—132, 1983.
- 25) 友光達志 : γ 線吸収測定法による骨塩定量, 核医技, 6 : 110—112, 1986.
- 26) Mack, P. B., O'Brien, A. T., Smith, J. M., Bauman, A. W. : A method for estimating the degree of bones from tracings of roentgenograms, *Science.* 89 : 467, 1939.
- 27) 奥山武雄 : 骨 X線像の定量的観察についての研究 (骨鉱物質含有量の X線学的測定), 日医放線会誌, 25 : 775—790, 1965.
- 28) Vogt, F. B., Meharg, L. S., Mack, P. B. : Use of a Digital Computer in the Measurement of Roentgenographic Bone Density. *Am. J. Roentgenol.* 105 : 870—876, 1969.
- 29) 斉藤 宏, 中村隆一 : X線写真からの Bone Density の定量法—Microphotometer による—, 日整外会誌, 48 : 479—486, 1974.
- 30) 豊福不可依 : マイクロフォトメータ〜コンピュータシステムによる X線写真の自動解析, 歯放線, 22 : 228—233, 1982.
- 31) Henrikson, C. O. : Iodine 125 as a radiation source for odontological roentgenology, *Acuta Radiol [Diagn.]. suppl.* 269 : 5—89, 1967.
- 32) Hausmann, E., Ortman, L. F., Sedransk, N. : Experimental Alveolar Bone Loss in the Monkey Evaluated by ^{125}I Absorptiometry. *Calcif. Tissue. Int.* 29 : 133—139, 1979.
- 33) MacHenry, K., Hausmann, E., Cristersson, L. Rosling, B., Webber, R. : Longitudinal Study of Alveolar Bone Mass Changes by ^{125}I Absorptiometry in Periodontitis and Normal Subjects. *J. Periodont. Res.* 17 : 512—513, 1982.
- 34) von Wowern, N. : A New Method of Gamma-ray Osteodensitometry of the Mandible. *Int. J. Oral Surg.* 3 : 353—357, 1974.
- 35) Hagaman, J. R., Sanchez, T. V., Hirsch, P. F. : Decreased Density of Rat Mandibles Localized by photon Absorptiometry. Southern Regional Meeting of A.S.M.B.R., 1984.
- 36) Price, W. A. : The Science of Dental Radiology. *Dent. Cosmos.* 43 : 483—503, 1901.
- 37) Omnell, K. Å. : Quantitative Roentgenologic Studies on Changes in Mineral Content of Bone in vivo., *Acuta Radiol. [Suppl.]* 148 : 1—86, 1957.
- 38) Smith, F. W., and Applegate, O. C. : Roentgenographic studies of bone changes

- during exercise stimulation of edentulous area. *J. Prosthet. Dent.* 11 : 1086—1097, 1961.
- 39) 湯浅太郎 : 歯槽骨骨梁の放射線学的観察—歯周疾患診断への基礎的研究— : 歯学, 60 : 149—161, 1972.
- 40) 嶋田 康 : 実験的下顎骨骨傷治癒過程における X線像の定量的観察, 歯学, 65 : 951—971, 1978.
- 41) 玄 光男, 井田憲一 : 数値計算ライブラリ(6), 最小2乗法, *information*, 2 : 145—151, 1983.
- 42) 星野 孝 : 骨 X線像における濃淡陰影の解釈, 整形外科, 31 : 299—302, 1980.
- 43) 岡島俊三 : X線フィルム特性, 第一版, 南山堂, 東京, 246—249ページ, 1980.