原 著 論 文

ハイドロキシアパタイト人工歯根填入による 抜歯後の歯槽骨吸収に関する実験的研究

豊嶋 康

Experimental Study of Bone Resorption After Tooth Extraction with Implanted Hydroxyapatite Tooth Root Substitute

Yasushi Toyoshima

Abstract : Hydroxyapatite (HAP) tooth root substitute implantation have been applied to extraction sockets in many studies for purpose of preserving alveolar bone. Dimensional changes were measured with sectioned study cast of cephalometric X-ray photo.

In this study, dimensional changes were determined by newly developed evaluation system which utilizing image analyzer (Immunomedica Co., Ltd.), in a view of conserving alveolar ridges beneath the denture base. Cone shaped HAP tooth roots (5 or 6 mm in length) were implanted to one subject and disk-like shaped HAP tooth roots (2mm in length) were also implanted to the other subject.

Preservation of alveolar bone was observed in both shaped HAP tooth roots implanted site compared to control site. Bony ankylosis between HAP tooth root and alveolar bone, observed on 1 month after histological specimens, may contribute to this result. Smaller changes of blood flow compared to controls were obtained on implanted site, which were measured with Laser Doppler blood flow meter (Perimed KB ; Sweden) on buccal mucosa. We consider that HAP shows good biocompatibility and HAP tooth roots implantation decrease the wound volume consequently.

Key words : bone resorption, hydroxyapatite, tooth root substitute, image analysis, Laser Doppler flow meter

I. 緒 言

義歯床の維持安定には多くの要因が関与しているが、

その1つに抜歯後の歯槽骨の経時的変化に伴う残遺歯槽堤の形態変化がある。抜歯後の歯槽骨の経時的変化に関しては、これまで解剖学的¹⁾、病理組織学的^{2,3)}、放射線学的⁴⁾、形態学的^{5,6)}などの広分野にわたり多数の研究が報告されている。一方、補綴学的な面からも多くの報告がなされている^{1,7,8)}が、他の分野と比較してその対象が高年齢層であるため老人性の萎縮も加わり、その解析は複雑多様化し困難となる。この一連の歯槽堤形態の退行的変化は義歯の維持安定を損なうため咀嚼、咬合、発音

昭和大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻（指導：芝 燁彦教授）

Showa University, Graduate School of Dentistry, Major in Prosthodontics (Director : Prof. Akihiko Shiba)

平成元年2月1日受付

Block Diagram of Image Analysis System

図 1 画像解析装置のブロック図

などに影響を与えるのみならず、義歯床の不適合をきたし、義歯の動揺により床下粘膜の一部を間歇的に強く圧迫する。この強い圧迫は粘膜を萎縮させ、その結果局所的な循環障害に基づく酸素濃度の変化を生じ、それが破骨細胞を刺激し、骨の吸収を招くなど、その後の残遺歯槽堤の退行性変化を導く。義歯床の動揺はさらに維持装置を介して支台歯にも伝達され、支台歯の動揺を惹起することにもなりかねない^{9,10)}。その原点であるこの抜歯に伴う歯槽骨の吸収が抑制されれば、義歯床は持続的な維持安定が得られるためさらに歯槽堤の長期的保全にもつながり、補綴物の良好な予後が期待される。

近年、生体親和性の良好な材料として、ハイドロキシアパタイト（以下 HAP）が注目され、基礎的研究の報告¹¹⁻¹⁸⁾がなされており、有用性が高いという評価は一致した見解である。その応用についても種々の報告^{14-16,19)}がなされているが、その1つとして抜歯窩に代用歯根として HAP を適用して、残遺歯槽堤の保存を目的とした研究²⁰⁻²⁴⁾が報告されている。抜歯のみを行った場合のデータと比較して、その骨吸収による変化量は報告によって異なり必ずしも決定的な見解が得られていない。抜歯後および抜歯窩に HAP 人工歯根を填入した場合の、経時的形態変化の測定方法は摘出した顎骨の直接法的測定⁸⁾、摘出した顎骨の断面研磨標本による測定³⁾、規格 X 線写真における測定^{1,22)}、口腔内で印象採得を行いその模型上での測定^{5,24,25)}などと様々であるものの、いずれの方法も一断面を測定した方法であり、残遺歯槽堤全体を測定したものではない。

本研究では、臨床的な義歯床の持続的な安定という目的から抜歯窩に HAP 人工歯根を即時填入する方法を用い、成犬の下顎抜歯窩に HAP 人工歯根を填入した場合と、填入せずに自然治癒をさせた場合の下顎骨の吸収様相を調べるため、測定用床による測定方法と材料についてまず基礎的検討を行い、その測定方法を確立した。そ

して抜歯窩の正常な治癒過程と HAP 人工歯根填入による治癒過程を形態的、組織学的、および放射線学的に検索を加えた。また、抜歯窩治癒に重要な役割を果たすと考えられる血流量^{26,27)}に関する検索も併せて行い、興味ある知見が得られたので報告する。

II. 実験材料と方法

1. 残遺歯槽堤の変化量の計測法

残遺歯槽堤の吸収量の計測には厚さ測定用試料と、その試料の厚さを測定するための画像解析装置を用いた。厚さ測定用試料には、ホワイトシリコンであるフィットチェッカー（而至歯科工業社製）、比較的透過性の良好な縮重合型シリコン印象材であるキサントプレンプラス（バイエル社製）、また実験用に試作した縮重合型シリコン印象材である透明なフレキシコン（而至歯科工業社製）を用いた。基準厚さの設定にはセロファンテープならびにビニールテープ（ニチバン社製）を使用した。なお、その厚さは無接触マイクロレベル測定器 ODS-U 18 NP 4（東京光音電波社製）にて測定した。

基準厚さ試料の作製はつぎのごとく行った。まず 6 cm×10 cm の大きさのガラス板上に、厚さ 190 μm の設定用テープを各々 1.5 cm のステップで 1.5 cm 間隔で並列に階段状に 1~8 層積層した。ついで各々の厚さ測定用試料をメーカー指示に従って練和し並列テープ間に塗布したのち、金属板を一定の速さで移動させて、各層 1.5 cm×1.5 cm の大きさで段階的な厚みをもつ試料を各々 5 枚作製した。そして硬化後速やかに各プレートの測定部位の濃度を画像解析装置にて 5 回測定し、その平均値を求めた。

測定に用いた画像解析装置（イムノメディカ社製、以下本装置）は光源、テレビカメラ、イメージアナライザー（TIF-64、イムノメディカ社製）、パーソナルコンピュータから構成されている。そのブロック図を図 1 に示したが、本装置はイメージアナライザー TIF-64 にて、テレビカメラからの信号を 1 画面 256×256 画素に区分し、各 64 輝度レベルのデジタルデータとして解析を行うものである。測定部位の濃度は画面上に縦 31、横 31 計 961 ポイントの測定枠を設定し、各点での輝度レベルの総和とした。測定に際しては、周囲光の影響を排除するため、光源面をバックグラウンド画面として測定し実際の測定画面から電氣的に減算を行い、さらに各測定毎に標準濃度片（富士写真フィルム社製）を用いて、輝度レベルの校正を行った。

図 2 実験に用いた HAP 人工歯根。左よりコーンタイプ A, B, ディスクタイプ

また試作したフレキシコンについては練和後の経時的な濃度の変化を検索するため、厚さ設定用ビニールテープを 3 層積層し 1.5 cm 間隔で並列に配置し、同様な方法で 10 試料を作製した。そして練和直後、1, 3, 6, 24, 72, 168 時間経過後の濃度を測定した。またキャタリスト量を変化させた場合の濃度の変化についても同様な方法で標準混和比、キャタリスト量を 2 倍、1/2 倍にした 3 層積層の試料を各々 10 個作製して測定を行った。

2. 残遺歯槽堤の経時的变化の測定

実験には、体重 8~12 kg の成犬（雌）2 頭を用いた。まず全身麻酔薬（ネブタール注射液、ダイナボット社製）を静脈より投与し、下顎両側第 1 から第 3 小臼歯を抜去した。そして右側抜歯窩には HAP 人工歯根を填入した。填入の深さは歯槽骨縁下約 2 mm とした（以下インプラント側）。

HAP 人工歯根（クラレ社製）はコーンタイプ A, B, ディスクタイプの 3 種類を用いた（図 2）。HAP 人工歯根は遠心沈降法²⁸⁾により成形した成形体をダイヤモンドカッターで加工、1,200°C で焼成したもので、相対密度は 99.0% である。3 種類の HAP 人工歯根の下縁部直径、上縁部直径長軸方向の長さについては表 1 に示した。

成犬 1 頭には抜去した小臼歯の歯根の形態と長さにより、コーンタイプ A, B, を選択し填入した。他の 1 頭にはディスクタイプ HAP 人工歯根を填入した。左側はいずれもそのまま放置した（以下コントロール側）。

測定用床の作製は術後 1 カ月目に 2 頭の下顎を印象採得したのち石膏模型を作製し、模型上の両側第 4 前歯と第 4 小臼歯の咬頭頂の 4 点にストッパーを設け、残遺歯槽堤には厚さ約 1 mm のシートワックスをスペーサーとして圧接したのち、常温重合アクリルレジンにて行った。

表 1 実験に用いた HAP 人工歯根の各部寸法

Implant	SIZES OF HAP IMPLANT		
	Apical diameter (mm)	Cervical diameter (mm)	Length (mm)
Cone Type A	2.0	3.0	6.0
Cone Type B	2.0	3.0	5.0
Disc Type	2.5	3.0	2.0

さらに残遺歯槽堤粘膜部の適合を良好にするため口腔内に試適し、安定性を確認したのち、リベコン（而至歯科工業社製）を用いて可及的に無圧となるように測定用床の直接リベスを行った。測定用床縁は可動粘膜による測定の誤差を排除するため、頬側では歯肉頬移行部より約 2 mm 上方、舌側では歯槽頂から約 5 mm とした。なお測定用床の保存は変形を防ぐ目的で水中保管とした。

測定は試作フレキシコンをメーカー指示に従って練和後シリンジを用いて測定用床に塗布し、ついで成犬の口腔内に測定用床を挿入し、定位置に保持した。試作フレキシコンが硬化したのち口腔内より取り出し、測定用床より試作フレキシコンを慎重に撤去し画像解析装置によりその厚さを測定した。

測定は術後 1, 2, 4, 6, 9, 12 カ月目に行ったが、術後 1 カ月目の試料の厚さを基準として用いた。ただし、ディスクタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬では、術後 2, 4, 6 カ月目までしか行わなかった。各測定時には 3 回印象採得を行い、画像解析結果の平均値を各測定時の試料の厚さ分布とした。画像解析は基準厚さ設定用テープにて 8 段階の厚さ設定を行った測定用試料を基準として、測定試料の画像解析を行い、設定した 8 段階に分別した。これらの結果をプリンターにて出力し、各厚さごとにトレースを行い、その面積を画像解析装置の面積測定プログラムによって測定した。

3. 抜歯創の治癒過程と歯槽骨の変化

実験には体重 8~14 kg の成犬 11 頭を用いた。全身麻酔後、下顎第 1 から第 3 小臼歯までを抜去した。抜去と同時に HAP 人工歯根を抜歯窩内に固定した。HAP 人工歯根は図 1 に示したコーンタイプ A, B ならびにディスクタイプを適宜選択して使用した。術後 1, 3, 7, 14 日目、1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 カ月目に下顎骨を適出したのち、X線写真を撮影した。また病理組織学的標本は X線写真を参考とし、抜歯創およびその周囲歯槽骨を含めて作製した。試料は 10% リン酸緩衝ホルマリン水溶液にて固

図 3 各材料の厚さ—濃度の関係

定後、10% ぎ酸水溶液にて脱灰した。以後通法に従い脱水し、パラフィン包埋を行ったのち 4 μm 厚さに薄切し、ヘマトキシリン—エオジン染色を行い標本とした。

4. 抜歯窩付近の歯肉血流量の変化と HAP 人工歯根の影響

歯肉血流量の測定にはレーザー ドップラー 血流計 Periflux PF-3 (Perimed 社製) を、実験には体重 8~14 kg の成犬を 4 頭用いた。まず基準となる歯肉血流量を決定するため平常時の血流量の測定を行った。すなわち、全身麻酔後あらかじめ熱可塑性ポリオレフィン樹脂であるモルテノ (モルテンメディカル社製) を用いて成犬の嵌合位で作製したステントにより測定用プローブを保持し、伏臥位にて下顎左側第 2 小臼歯の頰側中央部の付着歯肉を測定部位として、血流量を測定した。血流計からの信号出力は 3 秒単位の平均値とし、ペンレコーダーにて速度 2 cm/分 で記録を行った。平常時の血流量は、術前に 2 度測定を行いその平均値とした。

平常時の血流量を測定後、下顎左側第 1 から第 3 小臼歯を抜去した。4 頭のうち 2 頭は抜去のみを行うコントロール群とし、他の 2 頭には各抜歯窩に 5 本のコーンタイプ HAP 歯根を填入し、インプラント群とした。血流の測定は術後 1, 3, 7, 14, 21, 28 日目に行った。

III. 結 果

1. 残遺歯槽堤の変化量の計測法

イメージアナライザー TIF-64 の 64 段階の輝度レベルの校正は標準濃度片を用いて行ったが、規定範囲内で最も濃度の低い 0.040 を輝度レベル 63、最も濃い 0.770

図 4 試作フレキシコン 570 μm 厚さ試料の経時的濃度変化

を輝度レベル 0 に対応させた。

厚さ測定基準試料を作製するために用いたテープの平均厚さおよび標準偏差は、それぞれ 5 枚の試料においてセロファンテープでは $51.14 \pm 2.83 \mu\text{m}$ 、ビニールテープでは $189.78 \pm 3.29 \mu\text{m}$ であり、積層による影響は認められなかった。このことから以下の実験ではセロファンテープを用いて作製した試料の厚さは 50 μm 単位、ビニールテープを用いて作製した試料の厚さは 190 μm 単位として標示することにした。

キサントプレンプラス、フィットチェッカー、ならびに試作したフレキシコンの濃度と厚さとの関係を図 3 に示した。キサントプレンプラスとフィットチェッカーは、厚さ 400 μm まで良好な直線関係が得られた。すなわち回帰式と相関係数はキサントプレンプラスが $y = 1.674x + 15.71$, $r = 0.994$ 、フィットチェッカーが $y = 0.572x + 6.42$, $r = 0.998$ であった。濃度では、キサントプレンプラスの方が約 4 倍の高値を示したものの、400 μm 以上になるとキサントプレンプラスでは全く濃度の増加がみられず、またフィットチェッカーも濃度が上昇したものの、直線関係は得られなかった。

一方、試作フレキシコンでは厚さ 2,090 μm まで良好な直線性が得られ、その回帰式は $y = 0.361x - 28.12$, $r = 0.989$ であった。本実験では残遺歯槽堤の変化状態を検索することを目的としたため、2,090 μm まで直線性が得られる試作フレキシコンを用いることにした。

試作フレキシコンの練和後の経時的変化をみるため 570 μm 厚さの 10 試料を作製し、1, 3, 6, 24, 72, 168 時間後にその濃度を測定した結果を図 4 に示した。グラフは横軸に時間、縦軸に濃度を示した。練和直後の試料の濃度の平均値および標準偏差は 172.30 ± 12.15 、1 時間後 167.91 ± 10.25 、3 時間後 170.20 ± 9.68 、6 時間後 171.39 ± 8.56 、24 時間後 176.72 ± 9.98 、72 時間後

図5 試作フレキシコン 570 μm 厚さ試料の
キャタリスト量による影響

図6 コーンタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬の
術後 12 カ月の X 線写真

175.06 $\pm$ 9.63, 168 時間後 172.69 $\pm$ 10.50 であった。570 μm 厚さの試料は、練和後の放置時間による有意な濃度の差を認めなかった。

つぎに試作フレキシコンのキャタリスト量を、変化させた際の 570 μm 厚さ試料の濃度変化を調べた。キャタリスト量は標準混和比、2 倍量、1/2 倍量としたものの 3 種類について行い、その結果を図 5 に示した。標準混和比試料の平均および標準偏差は 172.30 $\pm$ 12.15, キャタリスト 2 倍量では 166.38 $\pm$ 9.57, キャタリスト 2 分の 1 量では 200.29 $\pm$ 5.20 であった。標準混和比の試料に対して 2 倍量では危険率 0.05 以下で、1/2 倍量では危険率 0.01 以下で、また 1/2 倍量と 2 倍量の間では危険率 0.01 以下でそれぞれ有意の差が認められた。

2. 残遺歯槽堤の経時的変化の測定

実験に用いた成犬の治癒経過は良好であり、術後 1 カ

図7 ディスクタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬の
術後 6 カ月の X 線写真

図8 図6に示した成犬のコントロール側の術後
18 カ月の X 線写真

月の印象採得時には炎症や抜歯部ならびに HAP 人工歯根填入部の裂開などの異常は認められなかった。図 6 にコーンタイプ HAP 人工歯根を填入した個体の術後 18 カ月の X 線写真を示した。第 1 小臼歯ならびに第 2 小臼歯近心根に填入した HAP 人工歯根は骨面からわずかに露出していたが、粘膜面の裂開は認められなかった。HAP 人工歯根と周囲骨との間は、第 2 小臼歯近心根の遠心側の一部に軽度の透過像が認められたが、他の部位では連続した不透過像を呈していた。

図 7 に、ディスクタイプ HAP 人工歯根を填入した個体の術後 6 カ月の X 線写真を示した。第 2 小臼歯遠心根に填入した人工歯根が排出されてはいたが、他の人工歯根は骨内に保存されていた。HAP 人工歯根と骨との間は第 2 小臼歯近心根の根尖側、第 3 小臼歯近心根の根尖側の一部に軽度の透過像が認められた。歯槽骨縁は HAP 人工歯根の上縁を連続して被覆していた。図 8 に、コーンタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬のコントロール側の術後 18 カ月の X 線写真を示した。抜歯部位の歯槽骨は全体に吸収しており、特に第 4 前歯の遠心と第

表 2 コーンタイプ HAP 人工歯根填入後 12 カ月までの測定結果 (8 段階厚さ区分)

DISTRIBUTION OF EACH THICKNESS RANGE BETWEEN BASE AND ALVEOLAR RIDGE (Cone Type)									
Thickness	cont.	1 mon. impl.	i/c	cont.	2 mon. impl.	i/c	cont.	4 mon. impl.	i/c
-190	91.52	89.33	97.61	39.96	41.42	103.65	10.45	34.94	334.35
190-380	3.98	7.24	181.91	20.54	7.01	34.13	11.52	7.95	69.61
380-570	2.17	1.35	62.21	25.29	13.74	54.33	28.61	7.24	25.37
570-760	2.08	1.98	95.19	9.85	8.61	87.41	20.54	12.06	58.71
760-950	0.25	0.10	40.00	4.36	17.19	349.22	18.21	21.38	117.41
950-1140	—	—	—	—	7.11	—	9.00	8.91	99.00
1140-1330	—	—	—	—	4.93	—	1.67	7.52	450.29
1330-	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Thickness	cont.	6 mon. impl.	i/c	cont.	9 mon. impl.	i/c	cont.	12 mon. impl.	i/c
-190	11.35	48.07	423.52	2.54	28.92	1138.58	1.24	20.11	1621.77
190-380	8.42	4.11	48.81	6.03	11.81	195.85	1.80	6.93	385.00
380-570	16.98	6.96	40.99	14.82	12.84	86.64	4.59	16.18	332.51
570-760	15.52	8.35	53.80	11.38	12.36	108.61	9.88	20.96	212.15
760-950	17.31	18.44	106.53	14.77	17.24	116.72	23.15	15.22	65.75
950-1140	18.51	11.20	60.54	26.31	13.29	50.51	25.43	11.95	46.99
1140-1330	11.74	2.74	23.34	17.90	2.51	14.02	21.71	5.10	23.49
1330-	0.16	—	—	6.25	1.03	16.48	12.20	3.55	29.10
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

4 小臼歯の近心の部分の間では船底型の吸収を認めた。

表 2 にはコーンタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬の術後 1~12 カ月までを、表 3 にディスクタイプ HAP 人工歯根を填入した成犬の術後 1~6 カ月までについて、測定した試料の厚さ分布結果をインプラント側、コントロール側およびインプラント側のコントロール側に対する比として示した。しかしながら、各厚さの境界値付近の測定値にはばらつきがあり、また可能な限り無圧印象採得を行ったが、その圧を厳密に一定にすることが困難であることなどを考慮し、この厚さ区分を便宜的に 0~380 μm 、380~760 μm 、760 μm 以上の 3 段階に区分し、コーンタイプの術後 12 カ月までの測定結果を表 4、ディスクタイプの術後 6 カ月までの測定結果を表 5 にまとめた。数値は、左からコントロール側、インプラント側の測定用床内での試料の厚さの分布状態とインプラント対コントロールの比をそれぞれパーセントで示した。コーンタイプの厚さ 0~380 μm の部位においては、術後 1 カ月では測定用床の適合性はコントロール側 95.50%、インプラント側 96.52% とほぼ同様の値であった。術後 2 カ月ではコントロール側 60.50%、インプラント側 48.43% と術後 1 カ月と比較していずれも低値を示した。しかしながら術後 4 カ月ではインプラント側 42.89% であるの

に対し、コントロール側 21.97% と逆転し、それらの比は 195.22% となりインプラント側での分布率は増大した。さらにインプラント側では術後 6、9、12 カ月と徐々に減少してゆくのに対し、コントロール側では術後 6 カ月 19.77%、9 カ月 8.57%、12 カ月 3.04% と急激な減少を呈したことにより、分布率はインプラント側で急激な増大傾向を示した。

380~760 μm の部分では術後 1 カ月の時点ではコントロール側 4.50%、インプラント側 3.33% と、若干適合の差異が認められた。コントロール側では術後 2 カ月 35.14%、4 カ月 49.15% と増加し、その後 6 カ月 32.50%、9 カ月 26.20%、12 カ月 14.47% と減少を示した。インプラント側においては術後 2 カ月 22.35%、4 カ月 19.30%、6 カ月 15.31% と減少を示したのち、9 カ月 25.20%、12 カ月 37.14% と増加した。これはインプラント側での 0~380 μm が減少し、380~760 μm の部分が増加したことを示している。

760 μm 以上の厚さについては、術後 1 カ月の時点ではほぼ同様の適合性であった。術後 2 カ月ではコントロール側 4.36% に対してインプラント側 14.21% と、インプラント側の方が多く認められた。術後 4 カ月でもコントロール側 28.88% に対して、インプラント側 37.81%

とやはりインプラント側に多く認められた。しかしながら術後6カ月ではコントロール側47.33%と、ほぼ測定用床の半分を占めるようになり、術後9カ月65.23%、12カ月82.49%となったのに対して、インプラント側では術後6カ月32.51%、9カ月34.07%、12カ月35.82%とコントロール側に対して小さな値となり、それらの比の減少を認めた。

表3 ディスクタイプ HAP 人工歯根填入後6カ月までの測定結果(8段階厚さ区分)

DISTRIBUTION OF EACH THICKNESS RANGE BETWEEN BASE AND ALVEOLAR RIDGE (Disk Type)						
Thickness	1 mon.			2 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-190	93.28	93.27	99.99	50.06	54.78	109.43
190-380	2.95	3.81	129.15	18.24	20.76	113.82
380-570	2.40	2.29	95.42	15.95	10.90	68.34
570-760	1.37	0.63	45.99	10.51	3.28	31.21
760-950	—	—	—	2.44	2.07	0.85
950-1140	—	—	—	1.97	5.62	285.28
1140-1330	—	—	—	0.83	2.59	312.05
1330-	—	—	—	—	—	—
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

Thickness	4 mon.			6 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-190	23.68	48.15	203.34	9.16	41.43	452.30
190-380	22.39	15.46	69.85	9.35	16.61	177.65
380-570	20.71	13.73	66.20	14.89	8.09	54.33
570-760	18.83	9.07	48.17	15.16	7.67	50.60
760-950	6.70	8.21	122.54	21.03	14.00	66.57
950-1140	5.08	7.32	144.10	19.47	6.92	35.54
1140-1330	2.16	2.39	110.65	10.94	2.03	18.56
1330-	0.45	0.94	208.89	2.51	3.25	129.48
(m)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

表4 コーンタイプ HAP 人工歯根填入後12カ月までの測定結果(3段階厚さ区分)

DISTRIBUTION OF EACH THICKNESS RANGE BETWEEN BASE AND ALVEOLAR RIDGE (Cone Type)									
Thickness	1 mon.			2 mon.			4 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-380	95.50	96.52	101.12	60.50	48.43	80.05	21.97	42.89	195.22
380-760	4.50	3.33	74.00	35.14	22.35	63.50	49.15	19.30	39.27
760-	—	0.10	—	4.36	14.21	325.92	28.88	37.81	130.92
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

Thickness	6 mon.			9 mon.			12 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-380	19.77	52.18	263.93	8.57	40.73	475.26	3.04	27.04	889.47
380-760	32.50	15.31	55.23	26.20	25.20	96.18	14.47	37.14	256.67
760-	47.33	32.51	68.11	65.23	34.07	52.23	82.49	35.82	43.42
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

表6のディスクタイプでは、0~380 μm の部分の適合性は術後1カ月の時点でコントロール側96.23%、インプラント側97.08%とほぼ同様であった。術後2カ月ではコントロール側68.30%、インプラント側75.54%とほぼ同様であるが、術後4カ月ではコントロール側46.07%に対してインプラント側63.79%、6カ月ではコントロール側18.51%に対してインプラント側58.04%とインプラント側の分布率は増大した。

380~760 μm の部分では術後1カ月でコントロール側3.77%、インプラント側2.92%と若干適合性の差がみられた。コントロール側では術後2カ月26.46%、4カ月39.54%と増加し、6カ月30.05%とやや減少を示した。インプラント側では術後2カ月14.18%、4カ月22.80%と増加し、6カ月15.76%と減少した。

760 μm 以上の部分では、術後2カ月ではコントロール側5.24%に対してインプラント側10.28%、術後4カ月ではコントロール側14.39%に対してインプラント側18.41%と、インプラント側の方が多く認められるものの、術後6カ月の時点ではインプラント側26.20%であるのに対して、コントロール側51.44%と術後4カ月以降は、コントロール側に対するインプラント側の分布率は著明に減少した。

この3段階の測定結果について、コントロール側の分布状態を100%とした場合のインプラント側の分布状態についてコーンタイプを図9、ディスクタイプを図10に示した。コーンタイプでは0~380 μm の部分は術後1カ月101.12%、2カ月80.05%であったものが、術後4カ月195.22%、6カ月263.93%、9カ月475.26%、12カ月889.47%と値は大きくなり、コントロール側と比較して、歯槽骨の吸収が少ないことがわかった。380~760

μm の部分では術後 1 カ月 74.00%, 2 カ月 63.50%, 4 カ月 39.27% と値が小さくなっていったが, 6 カ月 55.23% と大きくなり, その後 9 カ月 96.18%, 12 カ月 256.67% と値は大きくなった. 760 μm 以上の部分は, 術後 2 カ月 325.92% と大きな値を示したものが 4 カ月 130.92%, 6 カ月 68.11%, 9 カ月 52.23%, 12 カ月 43.42% と小さな値となり, インプラント側よりコントロール側の骨吸収がより多く進行していく傾向が示された.

ディスクタイプでは 0~380 μm の部分は術後 1 カ月 100.88%, 2 カ月 110.60%, 4 カ月 138.46%, 6 カ月 313.56% と値が大きくなり, コントロール側と比較して歯槽骨の吸収が少ないことがうかがわれた. 380~760 μm の部分は術後 1 カ月の適合性の差を除くと, 2 カ月 53.59%, 4 カ月 57.66%, 6 カ月 52.45% と値に大きな変

化は認められなかった. 760 μm 以上の部分は術後 2 カ月 196.18% と大きな値を示したが, 4 カ月 127.94%, 6 カ月 50.93% と小さな値となり, コーンタイプと同様にインプラント側より, コントロール側の骨吸収がより多く進行していく傾向が示された.

3. 抜歯創の治癒過程と歯槽骨の変化

正常抜歯創の治癒過程は, つぎのごとくに要約された. 術後 1~3 日では抜歯創は血餅により充満された. 術後 7~14 日でそれらの血餅は肉芽組織に置換された. その後肉芽組織の一部より骨の形成が始まり, 術後 2 カ月では抜歯創全体が骨梁で覆われた (図 11-A). 術後 3 カ月を経過すると抜歯創は骨組織で充満し, 骨髓の形成を認め, 抜歯創と既存の骨との区別が困難になった (図 11-B). 一方, 抜歯後の槽間隔は 7~14 日でその先端部辺縁より吸収が開始し, 術後 2 カ月では抜歯創表面部の新生骨となめらかな移行を示し, いわゆる抜歯創中心部を底部とする船底型の歯槽骨面を形成した. 術後 3 カ月ではさらに槽間隔が吸収され, 歯槽堤は水平面を形成した.

HAP 人工歯根コーンタイプを填入した治癒過程では, 術後 14 日で人工歯根と既存の歯槽骨との間に線維性結合組織の増殖を認めた (図 11-C). 術後 1 カ月 (図 11-D) では, HAP 人工歯根の表面の多くが線維性結合組織で覆われているが, 一部に骨の形成が観察され, 既存の歯槽骨と人工歯根との癒着像を認めた (図 11-D 矢印の部位). 術後 2 カ月では, 歯根表面は線維性結合組織で覆われる部位と骨組織に覆われ, しかも既存の歯槽骨と癒

表 5 ディスクタイプ HAP 人工歯根填入後 6 カ月までの測定結果 (3 段階厚さ区分)

DISTRIBUTION OF EACH THICKNESS RANGE BETWEEN BASE AND ALVEOLAR RIDGE (Disc Type)						
Thickness	1 mon.			2 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-380	96.23	97.08	100.88	68.30	75.54	110.60
380-760	3.77	2.92	77.45	26.46	14.18	53.59
760-	—	—	—	5.24	10.28	196.18
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

Thickness	4 mon.			6 mon.		
	cont.	impl.	i/c	cont.	impl.	i/c
0-380	46.07	63.79	138.46	18.51	58.04	313.56
380-760	39.54	22.80	57.66	30.05	15.76	52.45
760-	14.39	18.41	127.94	51.44	26.0	50.93
(μm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)

表 6 レーザードップラー血流計による測定結果

	Control (A)	Control (B)	HAP (C)	HAP (D)
Pre Ope. 1 (v)	1.90±0.21	2.35±0.14	2.12±0.15	2.68±0.19
Pre Ope. 2	1.85±0.15	2.32±0.17	2.05±0.13	2.55±0.14
Pre Ope. Av.	1.88±0.23	2.34±0.15	2.09±0.18	2.62±0.25
After 1d.	2.86±0.34 (152)	3.22±0.44 (138)	3.17±0.36 (152)	3.45±0.28 (132)
After 3d.	4.24±0.41 (226)	4.81±0.39 (206)	3.68±0.43 (176)	3.60±0.38 (137)
After 7d.	2.32±0.35 (123)	3.32±0.27 (142)	2.60±0.15 (124)	3.06±0.21 (117)
After 14d.	5.12±0.60 (272)	5.51±0.56 (235)	3.45±0.28 (165)	4.68±0.41 (179)
After 21d.	2.25±0.28 (120)	2.78±0.26 (119)	1.98±0.13 (95)	2.72±0.20 (104)
After 28d.	2.07±0.18 (110)	2.41±0.15 (103)	2.08±0.13 (99)	2.69±0.15 (103)

() : against Pre Ope. Av. (%)

図 9 コントロール側に対するインプラント側の各厚さ部分の比率 (コーンタイプ)

図 10 コントロール側に対するインプラント側の各厚さ部分の比率 (ディスクタイプ)

着している部位とが混在していた。術後 12 カ月では、人工歯根表面の多くは骨組織により覆われ、既存歯槽骨との癒着を認めた (図 11-E)。術後 24 カ月では歯根表面全体が厚い骨組織により占められ、根尖部の一部にのみ線維性結合組織による被包を認めた (図 11-F)。また、

術後の槽間隔先端部の骨組織はその辺縁に不規則な吸収像を認め、その部分と HAP 人工歯根周囲は線維性結合組織で覆われた。しかしながら、術後 1 カ月では歯槽骨先端部に骨組織の新生を認め、人工歯根表面を覆うようになった。以後、歯槽骨先端部の骨組織、歯槽骨と HAP

11-A

11-B

11-C

11-D

11-E

11-F

11-G

- 図 11-A コントロール部 術後 2 カ月
 図 11-B コントロール部 術後 3 カ月
 図 11-C コンタイプインプラント部 術後 14 日
 図 11-D コンタイプインプラント部 術後 1 カ月
 図 11-E コンタイプインプラント部 術後 12 カ月
 図 11-F コンタイプインプラント部 術後 24 カ月
 図 11-G ディスクタイプインプラント部 術後 2 カ月

図 12 平常時血流量を 100 とした各成犬の経時的血流量変化

人工歯根との癒着を認めた。これらの結果はコントロール部の抜歯創、槽間中隔の吸収と比較して明らかな吸収抑制を認めた。

HAP 人工歯根ディスクタイプを填入した場合、その治癒過程はほぼ同様の経過をとる治癒を示すが、人工歯根の下部の抜歯層の治癒は正常の同時期と比較し、骨の形成がやや遅れる所見を呈していた (図 11-G)。

4. 抜歯窩付近の歯肉血流量の変化と影響

各測定時の血流 (出力信号: V) と平常時の平均血流量との比較を表 6 に示した。各成犬の平常時の平均血流量はコントロール (A) 1.88 ± 0.23 V, コントロール (B) 2.34 ± 0.15 V, HAP (C) 2.09 ± 0.18 V, HAP (D) 2.62 ± 0.25 V であり、それぞれの成犬によりその値は異なっていた。平常時の平均血流量を 100% とした場合、術後 1 日ではコントロール (A) 152%, コントロール (B) 138%, HAP (C) 152%, HAP (D) 132% といずれも血流量の増加を示したが、コントロール群と HAP 群との間には有意な差異は認められなかった。術後 3 日ではコントロール (A) (B) がそれぞれ 226%, 206% に増加したが、HAP (C) (D) ではそれぞれ 176%, 137% への増加であり、HAP 群の方がコントロール群に比較してやや小さい値を示した。術後 7 日ではコントロール (A) (B) がそれぞれ 123%, 142%, HAP (C) (D) はそれぞ

れ 124%, 117% となり、いずれも術後 3 日より小さい値ではあったが、平常時に比較すると両者ともやや大きな値を示した。術後 14 日では再び血流量の増加が認められた。その値はコントロール (A) (B) がそれぞれ 272%, 235% であり、HAP (C) (D) はそれぞれ 165%, 179% であり、(C) を除くといずれも術後 3 日の値よりも大きな値を示した。またコントロール群の方が HAP 群よりも増加が著しかった。術後 21 日ではコントロール (A) (B) がそれぞれ 120%, 109%, HAP (C) (D) はそれぞれ 95%, 104% といずれも 14 日に比べて小さな値となった。術後 28 日ではコントロール (A) 110% とやや高い値を示しているものの、その他はコントロール (B) 103%, HAP (C) 99%, HAP (D) 103% とほぼ平常時血流量に近い値を示した。

その測定結果を図 12 に図示した。横軸に術後経過時間を縦軸に平常時血流量を 100% として血流量の経時的変化を表した。いずれの例においても術後 3 日に上昇し、7 日にやや減少するが、14 日に再び大きく上昇し、その後平常時血流量に下がっていく一定の傾向が認められた。

IV. 考 察

残遺歯槽堤の吸収を抑制することは、補綴物の長期的

でかつ良好な予後を得るためには非常に重要な要素であることから、著者は抜歯窩内に HAP 人工歯根を用いてその抑制効果について検索した。

まず、残遺歯槽堤の吸収の経時的変化を観察する目的で画像解析装置を用いた。これまで画像解析装置を用いた補綴学的検索には義歯床の適合性、咬合面の接触状態、鑄造冠の適合性などが行われている²⁹⁻³³⁾。その方法はホワイトシリコーンをブラックシリコーンで裏打ちを行ったのちに写真撮影し、そのネガ画像の透過光をテレビカメラで撮影し解析するものであり³¹⁾、ホワイトシリコーンは 150 μm までは直線性があると報告されている³³⁾。この方法では操作が煩雑であり、また 150 μm の厚さでは残遺歯槽堤の吸収量を測定する目的には範囲が不足でもある。そのため操作が簡便で、150 μm 以上の厚さの測定が可能である直接透過光による画像処理システムを用いることにした。そして測定環境の微妙な変化を補正するため、光源面をバックグラウンド画面として電気的に減算し、さらに標準濃度片を用いて輝度レベルの校正を行い、正確に測定が可能となるようにした。本装置を用いてフィットチェッカーと、キサントプレンプラスの実験を行ったが、両材料ともに 400 μm までの直線性しか得られなかった。残遺歯槽堤の変化について測定を行うという観点から考慮すると、400 μm の厚さでは十分な測定範囲とはいえない。そこで縮重合型シリコーン印象材であるフレキシコンを改良し、各種色素を種々の重量比で添加し測定を行った結果、酸化鉄のアルミレーキラを重量比 0.1% で添加したフレキシコンが、2,090 μm まで良好な直線性を示すことが判った。また濃度の経時的変化でも、練和後 168 時間を経過しても有意差が認められなかったことから、試料を作製後ある程度の時間が経過しても測定結果に与える影響が少ないことがわかった。しかしながら、キャタリスト量を変化させると濃度に有意な差異が認められた。これはベース材が透明であるのに対して、キャタリストに色素が添加されていることによるものと考えられる。そのため測定に際しての混和は、シリンジなどを用いて混和重量比を正確にするよう注意を払う必要がある。こうした点に注意して行えば、画像解析装置を用いて試作フレキシコンによる厚さ分布の測定が可能であることが示唆された。

ついで成犬による顎堤の経時的変化と HAP 人工歯根填入による効果を調べたが、測定の開始時期に関しては、イヌの抜歯後の治癒が抜歯後 1~1.5 カ月である^{4,34)}ことから、術後 1 カ月目を基準として、その後の残遺歯槽堤の変化を検索した。実験部位は測定時に測定用床が

正確な位置に再装着でき、かつ顎堤粘膜をできる限り加圧しないことを考慮して第 1 から第 3 小臼歯を抜去する中間欠損の形式を採用した。

また本研究では HAP 人工歯根は歯根形態に類似させたコーンタイプとコーンタイプの上部 2 mm に相当するディスクタイプの 2 種類を用いた。従来の HAP 人工歯根を用いた顎堤保存を目的とする実験では、そのほとんどがコーンタイプ人工歯根を採用している。コーンタイプは初期 X 線写真からも明らかな如く、HAP 人工歯根は抜歯窩内の空間部を埋めつくしておらず、特に根尖部は程度の多少はあるものの血餅のみの領域となっている。HAP 自体には骨誘導能を有さない¹²⁾されているにも拘らず、根尖部の空間は填入後約 3 カ月以内で新生骨により埋めつくされている。これは HAP が良好な生体親和性を有する材料であり、抜歯窩を填入物で完全に埋めつくさなくとも骨に置換されることを意味している。また、HAP 人工歯根填入の際の HAP 上縁部と歯槽骨との関係については、歯槽骨縁下約 2~3 mm に HAP 人工歯根の上縁を設定するように填入を行うのがよい²⁹⁾と報告されている。

本研究ではディスクタイプ HAP 人工歯根を、抜歯後歯槽骨縁下約 2~3 mm にその上縁を設定すれば、その下面は骨が形成されて顎堤を保存する効果が得られるのではないかと仮定して、ディスクタイプ HAP 人工歯根を用いてコーンタイプ人工歯根との比較も併せて行った。

残遺歯槽堤はインプラント側のコーンタイプ、ディスクタイプ両者ともコントロール側と同様に吸収傾向を示したが、コントロール側はインプラント側と比較して術後 2 カ月の段階では吸収が少ないが、それ以降急速な吸収を示した。インプラント側のコーンタイプとディスクタイプとの比較では、術後 6 カ月後までディスクタイプの方が吸収量が少ない傾向がみられた。平井²⁴⁾はコーンタイプの人工歯根を用いての抜歯後 3 カ月までの模型断面の計測において、インプラント側はコントロール側に対して高径、幅径ともに保存されると報告しており、Kangvonkit²²⁾も規格 X 線写真での比較において、コーンタイプの人工歯根のインプラントを行ったものの方が、形態の変化は初期においても少ないと著者の結果とは異なる報告をしている。それは著者が床下顎堤全体を計測範囲としたのに対して、彼らは断面の計測であるための違いと考えている。義歯床の安定を考慮に入れると、著者が計測したように床下顎堤全体を対象とした方がより補綴学的に有用な方法であると考ええる。

ディスクタイプ HAP 人工歯根は、周囲歯槽骨との接触面積がコーンタイプと比較して減少するために、填入の際に回転しやすいという短所があるものの、歯槽骨吸収抑制効果はディスクタイプ HAP 人工歯根の方がコーンタイプ人工歯根よりもやや大きい傾向が認められた。また、コーンタイプ人工歯根は根尖部の狭窄などの影響により骨縁下の適切な位置に填入できないことがあるのに対して、ディスクタイプでは根尖部などの影響を受けずに上縁部を設定できる利点もあり、ディスクタイプ HAP 人工歯根は、抜歯後の歯槽骨の吸収を抑制する目的の HAP 人工歯根としての有用性が示唆された。

病理組織学的な観察によれば、イヌにおける抜歯後の治癒における骨形成は抜歯後 7 日頃より開始され、抜歯後 30 日頃に抜歯窩全体が新生骨梁によって満たされる。さらに抜歯後 45 日頃に新生骨の改造が始まり、抜歯後 180 日頃まで進行して抜歯後に形成された骨組織は緻密化すると報告されている^{4,5)}。本研究の正常抜歯創の治癒は、従来報告されている治癒過程と同様な所見を呈した。すなわち、コントロールの術後 14 日においては抜歯創内の肉芽組織は線維化が観察された。術後 2 カ月を経過するとコントロールでは抜歯窩が幼弱な骨梁で満たされ、術後 3 カ月を経過すると骨梁は成熟し、周囲の既存歯槽骨との境界が明瞭には観察されなくなった。

このような抜歯創内の治癒と骨の新生と成熟に関しての所見は、インプラント部の HAP 人工歯根と既存歯槽骨との間の抜歯創においてはほぼ同様であった。しかしながら、コーンタイプならびにディスクタイプ HAP 人工歯根填入を行った成犬の標本において、人工歯根表面には術後 1 カ月頃より既存歯槽骨より形成された新生骨が形成され、人工歯根との癒着を認めた。これらの骨性癒着は時間の経過とともに増強された。また、人工歯根下面の抜歯窩は術後 2 カ月では新生骨梁が明瞭であるのに対し、術後 3 カ月ではそうした境界は観察されなくなり、周囲骨境界部においての変化はコントロール部と同様のものではあった。

コントロール部の槽間中隔の先端部は術後 14 日頃から吸収を始め、既存歯槽骨との境界が認められなくなった。抜歯後 3 カ月までに吸収される部分は、抜歯窩内の新生骨の高さに影響されることが考えられる。この新生骨の高さは船底型を呈する。一方、インプラント部では術後 1 カ月で新生骨が HAP 人工歯根と癒着を示すことから、槽間中隔の先端部の抜歯後における吸収はインプラント部では抑制されることが考えられる。

術後 12 カ月、24 カ月の組織標本において、HAP 人工歯根は周囲の骨とほとんどの部分が骨性の癒着を呈しており、長期的に骨内で安定した状態にあった。また、コーンタイプとディスクタイプとを比較した場合も特徴的な所見の差異は観察されなかった。

これらのことから抜歯窩に HAP 人工歯根を填入した場合、治癒と周囲骨の改造が行われる 3 カ月までの段階において、周囲新生骨との骨性癒着が生じることによって HAP の骨内保存がなされ、同時に槽間中隔の吸収が抑制され、それが顎堤全体の吸収を抑制する効果になるものと考えられる。

また抜歯後の治癒機転には、血流が関与していることが考えられる。そこで抜歯後の治癒過程における変化と HAP を応用した際の変化について、レーザードップラー血流計を用いて抜歯後の歯肉部分の血流測定を行った。レーザードップラー血流計は絶対的な血流量を測定するものではないが、局所の血流量を相対的に比較する目的には有用であることが報告されている^{26,27)}。

そこで著者は成犬の下顎第 1 から第 3 小臼歯までを抜去し、その抜歯部の近遠心的にほぼ中央部にあたる頬側付着歯肉部を測定部位とし、抜歯部治癒過程における血流量を測定した。歯肉は歯槽縁、乳頭部では豊富な毛細血管が存在するが、一方、付着歯肉部は粘膜下組織を欠血管網が存在するが、一方、付着歯肉部は粘膜下組織を欠いているため血管網に乏しく、また血管の交通は主に顎骨内と行われているという特徴を有する^{35,36)}。このため歯槽骨内の炎症反応、治癒反応、骨形成による血流の変動が存在するならば、付着歯肉部分の血流に反映することが考えられる。

まず全身麻酔薬投与後の血流量の変化について予備実験を行った。その結果個体差はあるものの、投与後約 20 分間は徐々に血流量にあたる信号電圧は低下し、20 分後には安定した状態に移行し、その状態は約 1 時間持続し再び不安定に上昇した。そこで投与後 20 分から 60 分までを測定時間とした。

抜歯のみを行ったコントロールの 2 頭では、術後 1 日で血流量は増加した。術後 3 日では 2 頭ともさらに上昇を示し、200% 以上となった。そのうち術後 7 日には低下を示し、術後 1 日と同程度の血流量となり、また術後 14 日では最も多い血流量の増加を示した。その後 21 日では低下し、術後 28 日では平常時の血流量とほぼ同じ値を示した。これらの結果を抜歯窩の正常な治癒機転と比較考察すると、術後 1 日では抜歯窩周囲の固有歯槽骨の血管が拡張している時期に相当する。術後 3 日では血

餅期から肉芽組織期に移行する初期の時期に相当している。術後 3 日は肉芽組織の形成が強く、毛細血管の新生が多い。そのために血流量が増加しているものと考えられる。術後 7 日に術後 3 日より低い血流量を示したことは抜歯創はほぼ粘膜で被覆され、抜歯窩内は肉芽組織が器質化され、肉芽組織期に移行した時期で、それ以降に骨の新生が始まる、ある程度安定した時期に相当するために血流量の減少をみたものと考えられる。術後 14 日は、石川³⁷⁾が抜歯窩内の血管形成が完了する時期と述べているのに相当するが、この時期は未分化間葉細胞が骨芽細胞に変化し、また歯槽骨の壁から破骨細胞の形成が盛んになるというように活発な骨改造期に相当する。そのため多くの酸素供給、栄養の補給、特にカルシウムの沈着に伴うカルシウムイオンの供給が必要となり、それらを血液が供給するため血流量が増加したものと考えられる。術後 21, 28 日は、仮骨形成のピークを迎えた後に骨の改造現象が起こる時期に相当する。その時期にはすでに破骨細胞のみが関与するために、必要とする血液量は低下する。そのために漸次血流量は減少したものと考えられる。

一方、HAP 人工歯根填入群ではコントロール群に比較して血流量は同じような動態を呈するが、全体的に少ない値を示した。これは、治癒過程は同様であるが、その体積がコントロール群と比較して小さいために血流量が低下を示したものと考えられる。このように骨の改造に伴う血流量が経時的に変化することが明確になったことは、骨の改造に血流計を適用してその動態を把握することが可能であることが示唆された。

V. 結 論

抜歯後の歯槽骨の吸収に伴う残遺歯槽堤の変化と、HAP 人工歯根の抜歯窩即時填入による効果とを探索する目的で、まず歯槽骨の変化量を臨床的に測定することを可能にするため、画像解析装置の応用とそれに適した測定用材料を試作し、成犬において測定を行った。また周囲骨との反応を組織学的に検索した。さらに、周囲歯肉部における抜歯後の血流量をレーザードップラー血流計を用いて測定した。これらの結果から以下の結論を得た。

1. 直接透過光を用いての画像解析装置による残遺歯槽堤の変化の測定は可能であり、その材料には試作フレキシコンが適していた。

2. 成犬の下顎第 1 から第 3 小臼歯を抜去後の残遺歯

槽堤の経時的変化量の比較では、インプラント側がコントロール側に比較して歯槽骨の吸収が抑制されていた。ディスクタイプとコーンタイプの比較では、術後 6 カ月まではディスクタイプの方が吸収量が少ない傾向が認められた。

3. 病理学的所見では、術後 1 カ月に新生骨梁が HAP 人工歯根と接触するよう形成され、術後 3 カ月には成熟した周囲骨と骨性の癒着を示し、その後骨性癒着は持続した。

4. 槽間中隔先端は、インプラント側では術後 1 カ月から HAP 人工歯根との骨性癒着を示し、吸収が抑制された。コントロール側では術後 3 カ月までに徐々に骨吸収を示した。

5. 抜歯後の血流量の経時的変化は HAP 人工歯根を填入した群、コントロール群ともに同様な動態を呈したが、その変化量はコントロール群の方が大きなものであった。

稿を終わるにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜りました芝 燁彦教授に深甚なる謝意を表します。病理学的立場から懇切なるご教示をいただきました昭和大学口腔病理学教室吉本周作教授、直接のご指導をいただきました立川哲彦助教授に心より感謝いたします。また、終始多大なるご協力をいただきました第 3 補綴学教室員、昭和大学口腔病理学教室員各位に感謝の意を表します。

本論文の要旨の一部は、第 76, 80 回日本補綴歯科学会学術大会、昭和 62 年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会、第 8 回昭和歯学会例会において発表した。

文 献

- 1) Atwood, D.A. : SOME CLINICAL FACTORS RELATED TO RATE OF RESORPTION OF RESIDUAL RIDGES, J Prosthet Dent, 12 : 441~450, 1962.
- 2) 荒崎淳三 : 抜歯後における下顎骨の経時的変化, 口病誌, 49 : 358~399, 1982.
- 3) 宮下幸久 : 歯の喪失に伴う下顎骨の構造変化, 歯基礎誌, 25 : 990~1023, 1983.
- 4) 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.
- 5) 石幡伸雄 : 白歯欠損後の歯槽部の形態変化に関する実験的研究, 補綴誌, 20 : 207~234, 1976.
- 6) 松元 誠 : 下顎大白歯および小臼歯欠損後の下顎骨の形態学的変化, 口病誌, 30 : 30~50, 1963.
- 7) Boucher, L.J., Renner, R.P., 芝 燁彦訳 : 可撤性部分床義歯の臨床, 302~303, 医歯薬出版, 東京, 1983.
- 8) Winkler, S., 山縣健佑訳 : 最新全部床義歯補綴学, 53~73,

書林, 東京, 1981.

- 9) 芝 輝彦: 歯槽骨の吸収機転, 日本歯科医学会 会報, 7: 13~17, 1981.
- 10) 芝 輝彦: パーシャルデンチャーにおけるリジットサポートの有用性とその適応, 日歯医誌, 38: 349~356, 1985.
- 11) Denissen, H.W. and de Groot, K. et al: Tissue response to dense apatite implants in rats, J Biomed Mater Res, 14: 713~721, 1980.
- 12) 高木幸人, 大山 治ほか: 骨代用材としての多孔質ハイドロキシアパタイトに関する実験的研究, 東北歯誌, 4: 39~48, 1985.
- 13) 山崎安晴: 人工骨としての多孔質アパタイト-顎骨補填実験一, 口病誌, 51: 184~218, 1984.
- 14) 塩田 真: アパタイト・セラミックスの即時インプラントへの応用に関する実験的研究, 口病誌, 51: 407~446, 1984.
- 15) 金田浩之: Apatite Implant の埋入間隙と骨組織形成との関連性に関する観察, 口病誌, 47: 57~97, 1980.
- 16) 小木曾誠: Apatite 焼結体埋入による顎骨組織の経時的推移変化, 口病誌, 45: 170~221, 1978.
- 17) 三羽敏夫: アパタイトセラミックスインプラント埋入後の咬合開始時期と骨形成の関連性に関する組織学的研究, 口病誌, 52: 233~287, 1985.
- 18) 郡 正樹: ³H-Thymidine 標識によるアパタイト周囲組織の検索, 補綴誌, 32: 876~886, 1988.
- 19) Kent, J.N., Auinn, J.H. et al: Alveolar Ridge Augmentation Using Non-resorbable Hydroxylapatite with or without Autogenous Cancellous Bone, J Oral Maxillofac Surg, 41: 629~642, 1983.
- 20) Quinn, J.H., Kent, J.N. and Schaffer, C.M.: Preservation of the alveolar ridge with Hydroxylapatite tooth root substitutes, J Am Dent Assoc, 110 (2): 189~193, 1985.
- 21) Denissen, H.W. and de Groot, K.: Immediate dental root implants from synthetic dense calcium hydroxylapatite, J Prosthet Dent, 42: 551~556, 1979.
- 22) Kangvonkit, P., Matukas, V.J. and Castleberry, D.J.: Clinical evaluation of Durapatite submerged-root implants for alveolar bone preservation, J Oral Maxillofac Surg, 15: 62~71, 1986.
- 23) Quinn, J.H. and Kent, J.N.: Alveolar ridge maintenance with solid nonporous hydroxylapatite root implants, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 58: 511~521, 1984.
- 24) 平井 直: 抜歯窩挿入型ハイドロキシアパタイト・セラミックス・インプラントによる顎堤の保全効果, 補綴誌, 32: 920~935, 1988.
- 25) 三輪悦子, 高橋宏嘉ほか: 下顎顎堤の大臼歯部断面形態の計測について, 補綴誌, 25: 605~610, 1981.
- 26) Damber, J.E. and Lineahl, L. et al: Testicular blood flow measured with a laser Doppler flowmeter: acute effects of catecholamines, Acta Physiol Scand, 115: 209~215, 1982.
- 27) 坂元晴彦, 橋本 等: レーザードップラー血流計による創傷治癒部の血流動態について, 日口外誌, 31: 2432~2437, 1985.
- 28) 浅田雅之, 大神勝利ほか: 遠心沈降によるカルシウムヒドロキシアパタイトの成型, 窯業協会誌, 95: 781~784, 1987.
- 29) 森戸光彦: 下顎全部床義歯における義歯床の適合試験法に関する研究, 補綴誌, 24: 59~77, 1980.
- 30) 宮田孝義: 遊離端義歯における義歯床の適合性に関する研究, 補綴誌, 20: 156~172, 1976.
- 31) 尾花甚一, 細井紀雄ほか: 床義歯の適合診査, 補綴臨床, 15: 17~31, 1982.
- 32) 高橋宏嘉, 三輪悦子ほか: ホワイト・シリコンの物理的性質について, 補綴誌, 25: 151~160, 1981.
- 33) 森田光彦, 三輪悦子ほか: 適合試験用ホワイトシリコンの物理的な性質について 第一報, 補綴誌, 23: 81~85, 1979.
- 34) 田熊庄三郎, 吉木周作ほか: 図説口腔病理学, 328~339, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 35) 戸刈近太郎, 伊藤 隆: 組織学, 267, 南山堂, 東京, 1974.
- 36) 栖原六郎ほか: 新編歯学生理学, 124, 医歯薬出版, 東京, 1970.
- 37) 石川悟朗, 秋吉正豊: 口腔病理学 I, 511~514, 永末書店, 京都, 1980.