

原 著 論 文

生体活性ガラスを用いたインプラント周囲骨の経時的観察

山野目 聡之 山森 徹雄 塩山 司 細川 貢
笹嶋 泉 島崎 伸子 工藤 淳一 梶村 幸市
小笠原 綾子 阿部 修作 堀井 義晴 石橋 寛二

Longitudinal Observation of the Jaw Bone Around the Dental Implants
Using Bioactive Glass

Satoshi Yamanome, Tetsuo Yamamori, Tsukasa Shioyama, Mitsugu Hosokawa,
Izumi Sasajima, Nobuko Shimazaki, Junichi Kudo, Kouichi Kajimura,
Ayako Ogasawara, Syusaku Abe, Yoshiharu Horii and Kanji Ishibashi

Abstract : Bioactive Glass has been known as a material that can be bound directly to bone, and its application for dental implants has drawn much interest recently.

However, there are only limited sources on occlusal contact with the implant.

The purpose of this study was to longitudinally observe the jaw bone around the dental implants using Bioactive Glass with the aid of standard X-ray photographs. Conditions of the jaw bone were determined according to the elapsed time between the period of tooth extraction and implant insertion. The mandibular fourth premolars of 10 beagles were extracted, and implants were inserted into their places at periods of 4 and 12 weeks. Occlusal contact was applied by placing a crown on the opposite tooth.

In case of the 4 week control group, the level of the bone surrounding the implant tended to decrease after 8 weeks, but not so much thereafter.

The study group showed a larger decrease in bone level during the first 4 weeks compared to the control group, but was the same thereafter.

However, regardless of whether the insertion of the Bioactive Glass implant was 4 or 12 weeks, the level of bone change was similar.

Key words : dental implant, bioactive glass, bone level

I. 緒 言

岩手医科大学歯学部歯科補綴学第二講座 (主任: 石橋寛二教授)

Department of Fixed Prosthodontics, School of Dentistry,
Iwate Medical University (Chief: Prof. Kanji Ishibashi)
平成5年2月10日受付

骨と直接結合する材料として生体活性ガラスが開発されて以来¹⁻³⁾, 種々の基礎的, 臨床的な報告がなさ

れている⁴⁻⁹⁾。著者らは生体活性ガラスを用いた歯科用インプラントの臨床応用を考え、顎骨中に埋入された生体活性ガラス周囲の組織変化について報告した¹⁰⁾。骨と直接結合するタイプの歯科用インプラントでは、機能下において周囲顎骨が長期的に安定することがその成否に大きな影響を及ぼすと考えられる。本インプラントでも臨床応用に先立ち、この点についての詳細な検討が望まれる。

本論文では、実験動物に埋入した生体活性ガラスインプラントに咬合接触を与え、その周囲骨を規格デンタルX線写真を用いて経時的に観察することにより、機能下における生体活性ガラスインプラント周囲骨の動態を明らかにした。さらに抜歯後からインプラント体埋入までの期間の違いによる周囲骨の動態の差異も検討した。

II. 材料と方法

本研究では、ニコンデンタルインプラント SO を使用した。Fe-Cr-Ni-Co 合金からなる金属芯体を SiO_2 -CaO-Na₂O 系生体活性ガラス SE 51 で被覆した構造を有し、長径 9.0 mm、最大直径 3.9 mm のテーパ・コーン型のものである。

実験動物には生後 1~1 年半のビーグル犬を 10 頭用いた。下顎左右側第四前臼歯を抜去し、4, 12 週後にインプラント体を 1 本ずつ埋入した。埋入に際しては、あらかじめ模型上で設定しておいた穿孔用ガイドを用い、粘膜骨膜弁を形成した後、ラウンド・パー、パイロット・ドリル、ストレート・ドリル、リーマ・ドリルを順に用いて生理食塩水の注水下で埋入窩を形成した。リーマ・ドリル使用時の回転数を毎分 600 回転とし、他は 1,000 回転とした。埋入窩の形成部位は第四前臼歯歯槽間中隔部とし、インプラントの頬舌側端部が骨縁下 0.3~0.5 mm となる深さにした。形成した埋入窩にインプラントを挿入して手指圧で適合させた後、粘膜骨膜弁を戻して縫合した。

片側を実験群として埋入 8 週後にインプラント体上の粘膜を切除し、上部構造を装着後、対合歯となる上顎第三前臼歯と第一大臼歯を支台歯形成、印象採得を行った。その 1 週後に 12% 金銀パラジウム合金製連結铸造冠をカルボキシレート・セメントで上顎第三前臼歯と第一大臼歯に装着した。連結铸造冠の咬合調整については、麻酔下で術者が徒手にて強く咬合せた場合に他の歯と同様の強さで接触するように咬合紙を



図 1 顎骨に埋入された人工歯根の X 線写真 (埋入 7 週後)

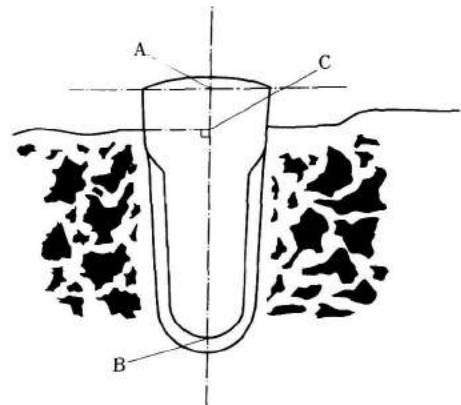


図 2 分析に用いた計測点

用いて行った。

反対側はコントロール群としてインプラント体埋入のみを行い、粘膜切除および上部構造装着を行わなかった。

抜歯後埋入までの期間と咬合付与期間の長短によって以下の 4 群に分けた。抜歯 12 週後にインプラント体を埋入し咬合付与 12 週後まで観察する L-L 群、咬合付与 4 週後まで観察する L-S 群、抜歯 4 週後にインプラント体を埋入し咬合付与 12 週後まで観察する S-L 群、咬合付与 4 週後まで観察する S-S 群である。各群の実験動物数は、L-L, L-S, S-L 群でそれぞれ 2 頭、S-S 群で 4 頭とした。

また、上部構造装着後は 1 週間に 3 回ブラッシングを行った。

規格デンタル X 線写真の撮影にあたっては各実験動物毎に規格撮影装置を作製した。作業模型上で即時重

合レジンで各歯列にあったオクルーザルレジンプレートを作製し、デンタルX線写真撮影装置の先端のコーンに適応したフィルムホルダー付きのソケットを作製し、口腔内でそれを即時重合レジンで結合した。その装置を用いて、インプラント体埋入直後、1, 4, 7週後、上部構造装着時、咬合付与時、咬合付与1, 4, 12週後に規格デンタルX線写真の撮影を行った。

X線写真の計測には、万能投影器（ニコン社製V-16D）を使用し、同一検者が行った。インプラント体の近心-上縁隅角と遠心-上縁隅角を結んだ線の中点（A）とインプラント体金属芯体先端（B）を通る直線に対し、周囲骨とインプラント体の接点から垂線を引き、その交点を（C）とした、BC/ABの値を求め、これをRとした（図1, 2）。同一部位、同一ステージに対し4枚の規格デンタルX線写真を撮影し、インプラント体の近遠心側をそれぞれ測定した。また検者の先入観による計測ミスを防ぐ目的で、4週間後に再度同じ測定を行った。すなわち同一部位、同一ステージのインプラント体の近遠心側をそれぞれ8回ずつ測定した。

III. 結 果

1. 肉眼所見

1) 歯肉

インプラント体埋入1週後では歯肉に軽度の発赤、腫脹が認められたが、2週後には消退した。

粘膜除去、上部構造装着1週後ではインプラント周囲粘膜に軽度の発赤、腫脹がみられ、2週後にはほぼ消退した。ただし、S-S群、L-L群のそれぞれ1頭ずつでは観察期間を通じて炎症が継続していた。

2) 対合歯と上部構造

咬合接触1週後には、連結冠咬合面部に咬合接触による軽度の圧痕が認められた。実験期間中は、圧痕の面積や深さに変化がみられなかった。

2. 規格デンタルX線写真所見

1) 抜歯後4週にインプラント体を埋入した群

埋入時にインプラント体上縁は周囲骨上縁の根尖側約1mmに位置していた。インプラント体埋入時にインプラント体は抜歯窩中央で歯槽中隔部に埋入されており、生体活性ガラス部の根尖側約1/2まで既存の骨すなわち歯槽中隔部に接し、その上方は抜歯窩に面していた。抜歯窩上縁の境界は不明瞭で、抜歯窩内に骨

表1 測定精度

	測定誤差	規定装置誤差
平均 (mm)	0.042 (0.472%)	0.056 (0.63%)
最大 (mm)	0.093 (1.108%)	0.101 (1.136%)

梁はほとんど認められなかった。

埋入4週後ではインプラント体上縁は周囲骨上縁の根尖側約0.5mm以内に位置するようになった。抜歯窩上縁の境界は抜歯直後に比較し明瞭さを増し、抜歯窩内に骨梁がわずかに認められた。その後、抜歯窩内の骨梁が次第に明瞭となり、インプラント体埋入後8週すなわち抜歯後12週には既存の周囲骨と同等の像を呈していた。そして上部構造装着時にはインプラント体上面の増殖した骨を削除したため周囲骨上縁のインプラント体側方約0.5mmの位置から、インプラント体上縁から根尖側約0.5mmの位置にインプラント体に向けてやや傾斜した透過像がみられた。その後、観察期間を通じて形態的な変化はみられなかった。

2) 抜歯後12週にインプラント体を埋入した群

抜歯後12週にインプラント体を埋入した群ではインプラント体埋入時には抜歯窩は既存の周囲骨と同等の像を呈していた。X線的にはこれ以外に抜歯後4週にインプラント体を埋入した群との差異は認められなかった。

3. インプラント体周囲骨の経時的変化の測定

測定誤差は平均0.042mm、すなわち測定値の0.475%で、最大のものでも0.093mmすなわち1.108%だった。規格装置の誤差は平均0.056mmで0.63%、最大0.101mm、1.136%だった（表1）。

コントロール群のS-L、S-S群とL-L、L-S群、すなわち抜歯後4週に埋入した群と12週で埋入した群のRの推移を比較すると、図3にみられるように、両群ともインプラント体周囲骨縁が緩やかに根尖側に移動する傾向を示していた。

実験群での同様の比較（図4）では、Rの推移はコントロール群とは異なるが、S-L、S-S群とL-L、L-S群を比較した場合には大きな差は認められなかった。

以上のことより、抜歯後埋入までの期間に関わらず、コントロール群と実験群の比較を試みた（図5）。

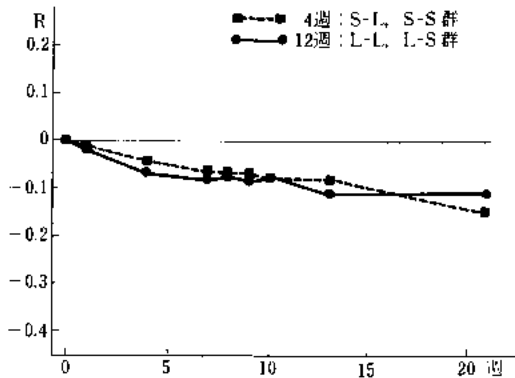


図 3 抜歯後埋入までの期間が異なる群間での周囲骨の推移の比較 (コントロール群)

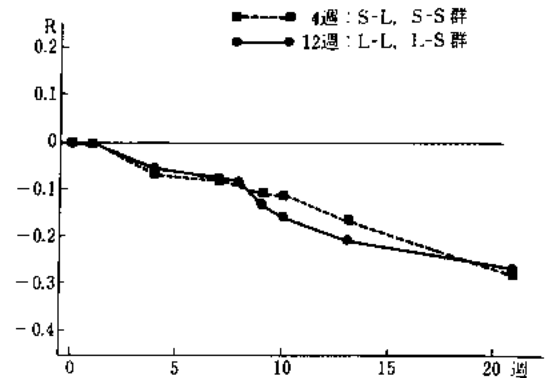


図 4 抜歯後埋入までの期間が異なる群間での周囲骨の推移の比較 (実験群)

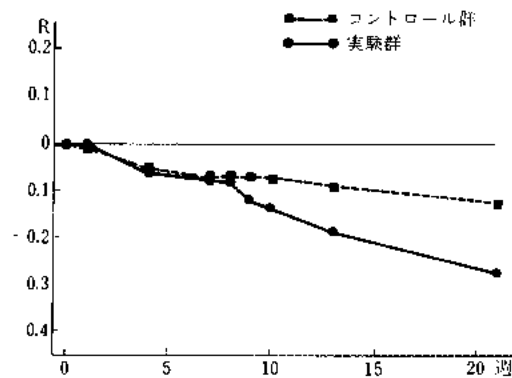


図 5 コントロール群と実験群での周囲骨の推移の比較

コントロール群ではインプラント体周囲骨縁が、緩やかに根尖側移動する傾向を示していた。これに対して実験群では、埋入後 8 週すなわち上部構造装着時までには同様の移動傾向を示した。その後、骨縁の根尖側移動傾向を強めた。しかし咬合付与後 4 週を過ぎるとこの傾向が弱まった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

本研究では、抜歯後まもない時期と抜歯窩の治癒が完了したと考えられる時期にインプラント体を埋入することにより、埋入時の顎骨の状態がその後の周囲骨変化に及ぼす影響を検討することを試みた。しかし、抜歯窩が血餅や肉芽組織で満たされている状態では、埋入直後のインプラント体の安定が得られにくく、このことによる骨形成への影響が懸念される。犬の顎骨の治癒に関しては抜歯後 30 日で抜歯窩が細い新生骨

梁で満たされ、80 日では新生骨、骨髓ともほぼ定型の構造を示すという報告があるため^{11,12)}、本実験では抜歯後埋入までの期間を 4 週および 12 週とした。

生体活性ガラスインプラントの臨床試験では下顎臼歯部にインプラント体を埋入し 3~4 カ月後に上部構造を装着している。また生体活性材料、不活性材料に関わらず、臨床的にはほぼ同等の治癒期間において上部構造の装着を行っているものが多い^{13~15)}。一方、犬では人間より速やかに抜歯窩治癒が進行するため、本実験では埋入 8 週後に上部構造を装着した。

臨床的な観点からは、インプラント周囲の骨変化の観察は可及的に長期間であることが望ましい。しかしチタン合金製インプラントを用いた Deporter らの報告¹⁶⁾によると、咬合付与後 12 週で周囲骨の吸収は一応安定するとされているため、実験の効率を考え本実験では観察期間を咬合付与 12 週後までとした。今後さらに長期にわたる観察が必要であろう。

各ステージの誤差は平均 0.042 mm、測定値の 0.475% となった。また規格撮影装置の精度は平均 0.056 mm、測定値の 0.65% であり、これらの値は測定精度としては十分信頼できる値と考えられる。

2. コントロール群での周囲骨の変化について

生体活性ガラスインプラント体をビーグル犬の下顎骨に埋入し、粘膜除去や上部構造装着を行っていないコントロール群で、インプラント体埋入時から 21 週後まで緩やかに周囲骨縁が根尖側へ移動する傾向が認められた。その原因として、インプラント体埋入時の顎骨の切削による刺激、埋入されたインプラント体による周囲組織の代謝の変化、特に芯体金属の影響など

が考えられる。今後芯体金属の材料をより生体適合性の優れたものに改良することが望ましいと思われる。

3. 実験群での周囲骨の変化

ブローネマルクインプラント埋入からの治療期間とブリッジ装着後1年間で辺縁の骨吸収の平均が1.5 mm, その後は年に0.1 mmの吸収を認めたという報告¹³⁾や, ブローネマルクインプラント装着後1年間で1.6 mm, その後は0.13 mmの吸収があったとの報告¹⁴⁾がある。今回用いた生体活性ガラスインプラントでの吸収量はR値で平均0.271, すなわち2.667 mmである。咬合接触付与後12週で周囲骨の吸収が安定するという報告を考慮にいれても, 他のインプラントよりやや大きな値である。この原因としては芯体金属の材料の生体適合性の問題や, 本実験では他の報告と異なりsingle tooth replacementであるため, より条件が厳しいことが考えられる。

実験群でのインプラント周囲骨の経時変化は, インプラント体埋入時から上部構造装着時までコントロール群と差が認められなかったが, 咬合接触付与後4週まで一時的に周囲骨縁の根尖側への移動傾向が強まっていた。また周囲骨の変化が水平的に進行していたことを加味すると, 周囲骨の吸収が咬合による機械的刺激のみに起因するとは考えにくい。上部構造装着時にインプラント体上面に周囲から増殖した骨を削除することが多く, これによる外科的刺激や, その直後に外来刺激の影響を受けやすいことなども原因となっていると考えられる。

V. 結 論

ビーグル犬の下顎骨に埋入した生体活性ガラスインプラントに咬合接触を付与した場合(実験群)と, 付与しない場合(コントロール群)についてその周囲骨の変化を規格デンタルX線写真で経時的に観察した結果, 以下の結論を得た。

1. 抜歯4週後にインプラント体を埋入した場合でも12週後で埋入した場合でもインプラント体周囲骨の移動の傾向には差が認められなかった。
2. コントロール群ではインプラント体埋入時から埋入8週後までほぼ一定の割合で周囲骨が根尖方向に移動し, その後は移動の割合が減少する傾向を示した。
3. 実験群ではインプラント体埋入時から上部構造

装着時までインプラント体周囲骨の変化にコントロール群との差がみられなかったが, 咬合接触付与4週後まで一時的に根尖側移動傾向が強くなった。

4. 実験群のR値の変化量は, インプラント体埋入時から咬合接触付与12週後まで平均0.271, すなわち2.667 mmとなり, コントロール群では平均0.126, 1.134 mmであった。

本論文の要旨は第88回日本補綴歯科学会学術大会(1992年10月, 東京)において発表した。

文 献

- 1) Hench, L.L., Splinter, R.J. and Allen, W.C.: Bonding mechanisms at the interface of ceramic prosthetic materials, *J Biomed Mater Res Symposium*, 2: 117~141, 1971.
- 2) Hench, L.L. and Paschall, H.A.: Direct Chemical bond of bioactive glassceramic materials to bone and muscle, *J Biomed Mater Res Symposium*, 4: 25~42, 1973.
- 3) Hench, L.L. and Paschall, H.A.: Histological responses at a biomaterial's interface, *J Biomed Mater Res*, 5: 49~64, 1974.
- 4) 伊藤創造: 生体活性ガラスのリンパ球免疫機能に対する影響, *補綴誌*, 32: 151~158, 1988.
- 5) Itoh, S., Ishibashi, K., Inada, K. et al: The effect of Bioactive glass on the function of lymphocytes, edited by Yamamuro, T., Hench, L.L. and Wilson, J., *Hand book of bioactive ceramics volume I*, 227~233, CRC Press, Boca Raton, 1990.
- 6) 工藤淳一: 生体活性ガラス表面反応層の生物学的活性に関する検討, *補綴誌*, 37: 182~191, 1993.
- 7) 青木美佳子, 塩山 司, 山森徹雄ほか: 生体活性ガラスを用いたインプラントの力学的検討~二次元有限要素法による応力解析-第1報 天然歯との比較, *補綴誌*, 35: 772~778, 1991.
- 8) 塩山 司, 奥山 毅, 細川 貢ほか: 生体活性ガラスを用いたインプラントの力学的検討~二次元有限要素法による応力解析-第2報 各種条件による上部構造の応力分布, *補綴誌*, 37: 318~326, 1993.
- 9) 笹嶋 泉, 青木美佳子, 北村 靖ほか: 生体活性ガラスを用いたインプラントの力学的検討~二次元有限要素法による応力解析-第3報 インプラントおよび周囲歯槽骨の応力分布, *補綴誌*, 37: 401~406, 1993.
- 10) 山森徹雄, 塩山 司, 細川 貢ほか: 生体活性ガラスを用いたインプラントの組織学的研究-生体活性ガラス周囲の骨形成について-, *補綴誌*, 36: 669~676, 1992.

- 11) 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的所見に関する実験的研究 (その一), 歯科学報, 52 : 212~216, 1952.
- 12) 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的所見に関する実験的研究 (その二), 歯科学報, 52 : 265~271, 1952.
- 13) Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B. et al : A 15-Year study of osseointegrated implants in the treatment of edentulous jaw, *Int J Oral Surg.* 10 : 387~416, 1981.
- 14) Cox, J.F. and Zarb, G.A. : The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants : A 3-year report, *Int J Oral Maxillofac Implant*, 2 : 91~100, 1987.
- 15) Pillar, R.M., Deporter, D.A., Watson, P.A. et al : Dental implant design—Effect on bone remodeling, *J Biomed Mater Res*, 25 : 467~483, 1991.