

〔原著〕 松本歯学 8 : 8 ~ 14, 1982

ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラントの組織学的観察

村松 力, 大口弘和, 荒木信清,
佐原紀行, 鈴木和夫

松本歯科大学 口腔解剖学第2講座 (主任 鈴木和夫 教授)

伊藤充雄

松本歯科大学 歯科理工学教室 (主任 高橋重雄 教授)

Histological Study of the Hydroxyapatite-coated Endosteal Bladevent Implant

CHIKARA MURAMATSU, HIROKAZU OGUCHI, NORIYUKI ARAKI,
NORIYUKI SAHARA and KAZUO SUZUKI

Department of Oral Histology, Matsumoto Dental College
(Chief: Prof. K. Suzuki)

MICHIO ITO

Department of Dental Techonology, Matsumoto Dental College
(Chief: Prof. S. Takahashi)

Summary

The tissue reactions of the adult dog to the hydroxyapatite-coated endosteal bladevent implant were evaluated histologically.

After three months, the blade was surrounded by bone trabeculae and loose connective tissue, and osseous tissue was also formed around the implant.

A thin fibrous membrane, called as peri-implant membrane, was observed most area between the new bone and the implant interface after six months. These collagenous fibers were parallel to the surface of the implant. Moreover, the high osteogenic activity was seen on the surface of the new bone.

These result suggested that the hydroxyapatite-coated endosteal bladevent implant was well tolerated by bone tissue, and also it stimulated osteogenic of activity of connective tissue around the implant.

緒 言

近年、我が国においてもインプラントが歯科臨床に盛んに導入されるようになってきた^{1)~8)}。歯科におけるインプラントは骨内、骨膜下、または粘膜下に金属や高分子材料を固定装置として植立させ、その一部を支持体として利用し、補綴物を維持固定させる方法である^{9) 10)}。このような方法により、従来の歯科補綴で行なわれてきた粘膜負担による義歯に比べ、より天然歯に近い機能、形態を回復させようとするものである。しかし、歯科インプラントにおいては、他の人工臓器と異なり、その一部が口腔に露出すること、又嵌入されたインプラントには、かなりの咬合圧が加わることなどの条件が加わり、いまだ未解決な問題が多く残されている。現在、利用されているインプラントには種々の素材や形態がある^{9) 10)}。

骨内インプラントで、チタン製ブレード型骨内インプラントは生体適合性もよく、充分に架工義歯の支台として応用しうるものとして、歯科臨床に使用されている。

また、この組織学的考察については、多くの研究者から報告されている^{11)~26)}。

最近、人工歯根等として Almina-Ceramic, Carbon-Ceramic 等が使用されているが、生体の組織親和性や強度、加工性などに問題がある。組織親和性から考えると、骨や歯の硬組織の無機質主要成分である、ハイドロキシアパタイトを基質成分としたものを材料とするならば、より優れた材料となるうる。

青木^{27)~30)}は、この焼結体作製の方法を改善し、物理学的に充分に使用に耐えうるようになった。

しかし、これは直径 10 mm の円柱形のものであり、ブレード型の板状のものでは可塑性の問題がでてくると考えられる。

今回は、ハイドロキシアパタイトが、インプラント周囲結合組織に与える変化について観察するために、雑成犬を用い、生体の組織親和性を考えて、骨組織に類似したブタよりのハイドロキシアパタイトを機能的な問題を考慮して、従来多く使用されているブレード型骨内インプラント表面に溶射し、これを顎骨内に嵌入し、3ヶ月から6ヶ月後にインプラント周囲結合組織の変化について観察を行ない、良好な成績を得たので報告する。

実験材料および観察方法

骨内インプラントは、I・T・C社製フリーデザイン・インプラント21型³¹⁾の表面に $150\mu \pm 50\mu$ の厚さで、ブタよりのハイドロキシアパタイトを溶射した。

金属の厚径と、ハイドロキシアパタイトの厚径を総和すると、従来臨床に使用されているフリーデザイン・インプラントの厚径 1.3 mm に近似させた(図1, 2)。

雑成犬10頭を用い、ネンブタール(ペントバルビタール・ナトリウム)静注による全身麻酔下で、以下の実験を行なった。

雑成犬の口腔内清掃、洗浄ののち、歯牙欠損部(抜歯後4ヶ月経過)の歯槽頂の遠心部に骨に達するまでメスを入れ、近心に向かい切開線を入れる。切開ののち、骨膜剥離子にて粘膜・骨膜を剥離する。

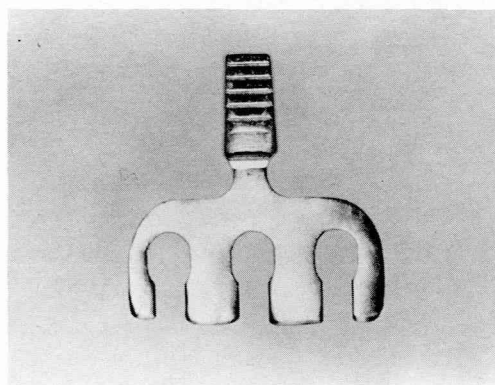


図1：実験に使用したブレード型骨内インプラント

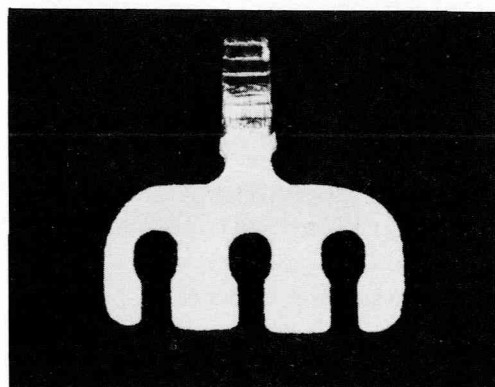


図2：図1と同型のインプラントにハイドロキシアパタイトを溶射したもの

エアタービン・エンジンを用い、注水下にて、カーバイト・バーで歯槽頂上に骨溝を形成する。生理食塩水にて洗浄し、ハイドロキシアパタイト溶射インプラントを骨溝に嵌入し、剝離した粘膜・骨膜弁を縫合する。止血するのを待ち、固定装置としての上部構造物の印象採得を行ない、手術を終了する。作業用模型上にて作製された補綴物完成後、再度、ネブタール静注による全身麻酔下のもとに上部構造物をセメント合着し、対合歯と咬合せ機能を営むようにした。

嵌入後3ヶ月経過した5頭、6ヶ月経過した5頭をネブタール麻酔下にて屠殺した。離断摘出した下顎骨は、X線撮影後速やかに10%中性ホルマリン溶液中で固定した。固定後、ファインカッター（平和工業）を用いて頬舌的に約1.0 mmの厚さに連続切断し、切断面を実体顕微鏡にて十分に観察し、さらに標本作製し、光学顕微鏡の観察を行なった。

1) 実体顕微鏡による観察

ハイドロキシアパタイト溶射前のブレード型インプラント、およびハイドロキシアパタイト溶射後のインプラントを観察し、その後屠殺後の切断面（頬舌断）を観察した後、周囲組織を除去し、ブレード型インプラントの表面に溶射されているハイドロキシアパタイトを観察した。

2) 光学顕微鏡の観察の試料

切断した試料は5%硝酸ホルマリン液にて脱灰し、インプラント周囲組織に傷つけないようピンセットでインプラント金属を取り出した。

その後、通法に従いセロイジン包埋し約20 μ mの組織切片を作製し、各切片はヘマトキシリン・エオジン染色を施し検鏡した。また一部の試料は研磨標本とし観察した。

実験成績

上部構造物装着6ヶ月後の口腔内の肉眼的所見は、歯肉の肥厚や極度の退縮は見られない。

post 周囲はウッ血性と思われる粘膜の発赤がみられ、頸部に向って歯肉溝がみられる。この溝の深さは2.5 mm から4.0 mm 程度である。出血その他の特記すべき症状はみられなかった（図3）。

嵌入後3ヶ月のレントゲン所見では、インプラント周囲の骨梁の配列は粗造であり、周囲骨の修

復はまだ完了していないようである。しかし、インプラント先端や、ベント上縁には新生骨によると思われるレントゲン非透過像がみられる（図4）。

この試料を研磨標本でみると（図5）インプラント周囲には新生骨がみられる。

嵌入後3ヶ月の顎骨断面を、実体顕微鏡で観察すると、インプラント周囲は歯肉粘膜固有層につづく結合組織でつまれている。

インプラント下端の周囲は類骨組織がみられ、既存海綿骨の骨梁に連続している（図6）。嵌入前のハイドロキシアパタイト溶射インプラント表面には尖鋭な隆起がみられる（図7）。嵌入後6ヶ月経過したものではハイドロキシアパタイト溶射インプラント表面は、嵌入前のものより、やや粗造度を増している（図8）。また、瘤状の突起が密集し、この頂は球面状になっており、瘤鋭な隆起は

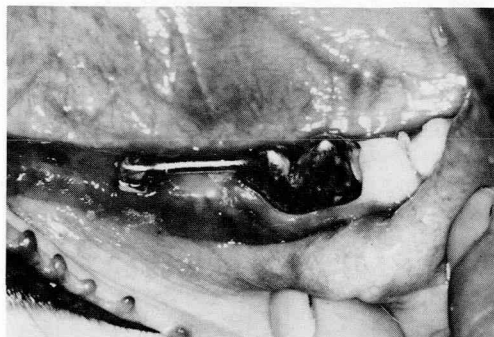


図3：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置6ヶ月後の肉眼的所見像。出血その他の特記すべき症状は認められない。

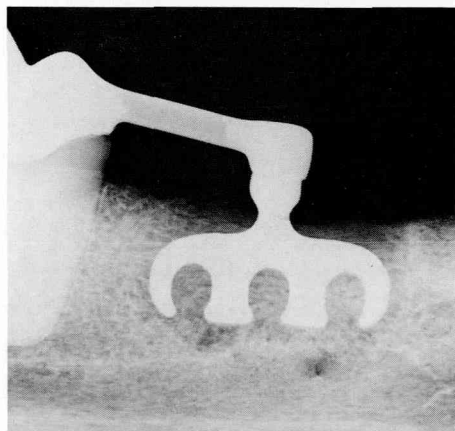


図4：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置3ヶ月後のX線像。

みられない。嵌入後6ヶ月の実体顕微鏡観察では、インプラント周囲は菲薄な結合組織の層があり、その外層には既存骨に連なる新生骨がみられ、幼若な骨組織の感を呈している(図9)。インプラント下端やベントの部分には新生骨が増殖してきているのがうかがわれる。しかし、インプラント周囲には結合組織の層がみられ、とくにインプラント上方では厚くなっている。

これを拡大してみると、インプラント周囲の新生骨梁は海綿骨骨梁に連続している(図10)。インプラント金属外表には、溶射したハイドロキシアパタイトの層がみられ、この外層は結合組織に包

まれ、さらに外層には結合組織に向かって増殖してくる新生骨がみられる。ハイドロキシアパタイト溶射の表面は、かなり粗造で、一部では溶解したかのような像もみられる。

新生骨と結合組織は一体の組織となっているが、ハイドロキシアパタイトと結合組織の接着はルーズで、この部分は剥離している。

また、このハイドロキシアパタイト中に結合組織線維の侵入は認められなかった。

この部分を光学顕微鏡でみると金属を被包する Capuselling layer と骨に接する Osteogenic layer の2層がみられた(図11)。Capuselling layer は緻密線維性結合組織で線維は金属面に平行に走っていた。Osteogenic layer は疎性線維結合組織で多くの細胞散在と、血管の密集がみられた。これを研磨標本でみると、既存骨と新生骨の境界が明瞭であり、新生骨はハーバース層板を作らず、不規則な平行層板であり、その骨中には

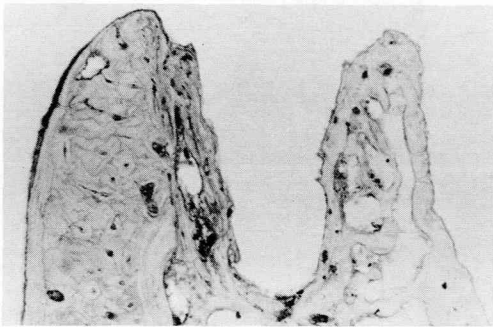


図5：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置3ヶ月後の研磨標本。インプラント周囲には新生骨が認められる。

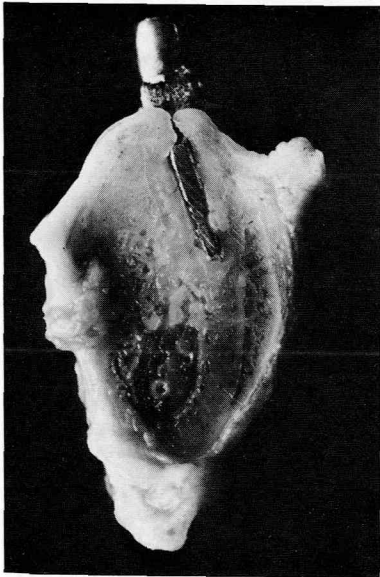


図6：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置3ヶ月後、骨断面像。

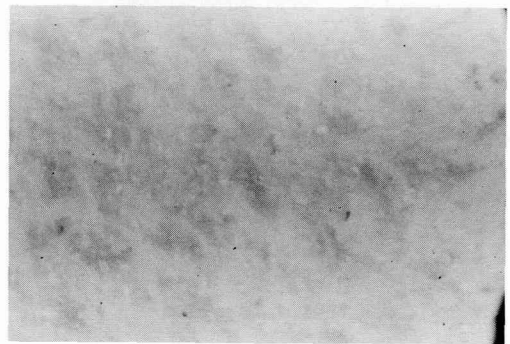


図7：嵌入前のハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラントの表面。

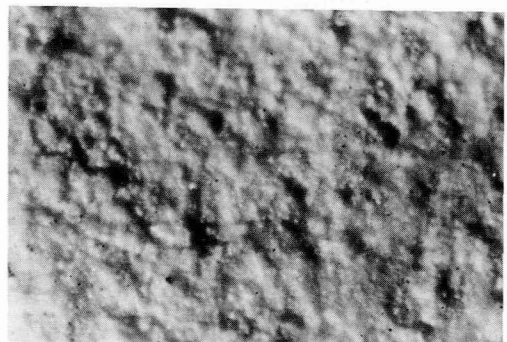


図8：嵌入後6ヶ月経過したハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラントの表面。嵌入前のもの(図7)と比較しやや粗造度を増している。

毛細血管が観察された(図12).

考 察

顎骨内に嵌入されたインプラントの周囲組織は、2種類に分類できる。一つは、インプラントが口腔粘膜に接している部分の上皮組織は、天然歯における歯肉溝と上皮付着に相当する。もう一つは、天然歯の歯根膜にあたるインプラント深部のインプラントを包む結合組織である。これらインプラント周囲組織は、インプラントを成功させる為に、それぞれの問題点の解明が必要だと考えられる。その問題点とは、インプラントが口腔粘

膜と接している部分では、金属あるいは高分子材料と上皮組織が、いかに強力に結合できるか、さらに、歯肉上皮の深部増成を、いかに防ぐかであり、一方インプラント深部の周囲組織では、イン

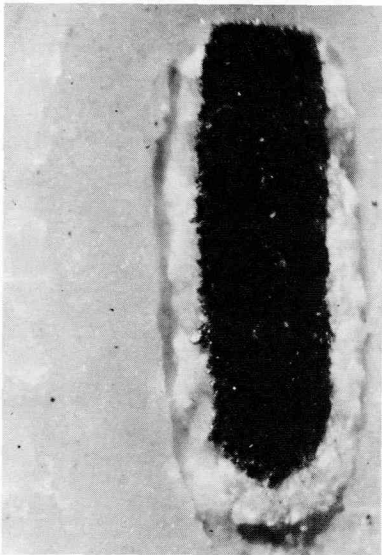


図9：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置6ヶ月後の実体顕微鏡像。



図10：図9の拡大像。ハイドロキシアパタイト溶射の表面はかなり粗造で、一部では溶解したかのような像も認められる。



図11：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置6ヶ月の光顕像。(H.E染色)



図12：ハイドロキシアパタイト溶射骨内インプラント装置6ヶ月後の研磨標本。既存骨と新生骨の境界が明瞭であり、新生骨は不規則な平行層板である。

プラントを包む線維性結合組織の構造や、その機能に関してである。

特に、この線維性結合組織に関しては、単なる病理的なものであると考える者から、天然歯の歯根膜の働きを持っていると考え、この線維性結合組織を peri-implant membrane と呼んでいる者まで、さまざまな考え方がある。この peri-implant membrane の厚さは、インプラント材料の物理的、化学的性質だけではなく、インプラントが組織に接する表面の状態によっても周囲の結合組織の厚さが影響されるとしており、またインプラントが組織と接する表面が滑沢であるか、それとも多孔性であるかにより異なっていて、多孔性が高いものほど周囲の結合組織が厚くなるといっている。このようにインプラント周囲の結合組織の状態は、インプラント材料の生体に対する、組織親和性の程度他にも分子量の大きさ（高分子材料の場合）と、インプラントが組織に接している表面の状態など、さまざまな因子により影響を受けていることがわかる。青木等はハイドロキシアパタイト焼結体が体内に埋入された場合、溶解すると、体液中のカルシウム-燐酸イオン濃度が高まり、これが骨組織に生理的作用に活性を引き起すと推測している。

今回の観察では、インプラント周囲組織の改修様相は、チタン製インプラントとはほとんど差異はみられなかった。すなわちインプラント周囲をつつむ結合組織 (peri-implant membrane) がみられ、これは Capuselling layer と Osteogenitic layer の2層からなる。さらにインプラント周囲には、海綿骨骨梁から連なる新生骨の増生があり、これは3ヶ月より明瞭にみられ、チタン素材のものより骨新生は早期であると考えられる。6ヶ月後の観察では周囲結合組織は菲薄であり、骨梁も緻密な配列を示す様にみられる。このことはハイドロキシアパタイトは骨組織との親和性がよいと思われる。6ヶ月後のハイドロキシアパタイト焼射インプラントの表面を観察すると微量の溶解がうかがえる。これが体液中に同化しての作用は、いまだ推測に至らない。しかし、骨組織の主要成分であるこの素材は周囲結合組織に強い親和性を持つとともに、Osteogenesis に賦活の刺激を与えることは考えられる。さらに Osteogenesis の機構から考えると骨形成期にあらわれる酵素およびコ

ラーゲンのことも含めて素材と骨親和性を考える必要がある。ハイドロキシアパタイトが生体親和性からみて良好であるとして、物理的性状等の問題点を考慮してみると、チタン製インプラントにハイドロキシアパタイトコーディングがより効果的であると考えられる。今後、ハイドロキシアパタイトの骨形成、あるいは石灰化機構の関わり合いについて究明し、物理的、生理的特性を追究して行く必要があると考えられる。

結 論

雑成犬にハイドロキシアパタイト溶射の骨内ブレードベントインプラントを装着したもので、術後3ヶ月ではインプラント周囲は骨梁や疎性な結合組織で囲まれ、さらに新生された骨様組織も観察された。

術後6ヶ月では、peri-implant membrane といわれている薄い線維性結合組織により、新生骨とインプラント表面との間隙はみだされていた。これらのコラーゲン線維は、インプラント表面と平行した走行がみられた。特に、新生骨側には顕著な骨化が見られた。これらの結果からハイドロキシアパタイト溶射インプラントは、骨組織と親和性を持ちさらにはインプラント周囲の結合組織に骨新生をうながすようであった。

参 考 文 献

- 1) 緒方哲郎 (1974) ブレードベント・インプラントの症例。補綴臨床, 712: 143—148.
- 2) 緒方哲郎 (1975) 骨内ブレード。歯界展望, 別冊/インプラントの臨床, 177—187.
- 3) 緒方哲郎 (1977) インプラント義歯の経過観察。補綴臨床, 10(3): 219—230.
- 4) 阪本義樹 (1974) ブレードベント・インプラントの床例。補綴臨床, 7(2): 149—153.
- 5) 阪本義樹 (1977) ブレードベント・インプラントの経過観察。補綴臨床, 10(2): 92—104.
- 6) 福与碩夫, 佐野晴光 (1971) Endosseous Implant. Blade-Vent 法。歯界展望, 38(5): 827—836.
- 7) 福与碩夫, 佐野晴光, 石田幸男, 山本 稔 (1974) ブレードベント・インプラントの予後。歯界展望, 44(5): 740—746.
- 8) 柳澤定勝, 中城基裕, 吉峰一夫 (1977) インプラントの予後。日本歯科評論, 413: 95—103.
- 9) Kaketa, T. and Suzuki, K. (1969) Histopathological findings on endo-osseous implants in dogs. Bull. Tokyo dent. Coll., 10(2): 61—70.

- 10) Armitage, J., Natiella, J., Greene, G. and Meenaghan, M. (1971) An evaluation of early bone changes after the insertion of metal endosseous implants into the jaws of rhesus monkeys. *oral Surg.* 32(4): 558—568.
- 11) Babbush, C. A. (1972) Endosseous blade-vent implants: A research review. *J. oral Surg.* 30: 168—175.
- 12) Weiss, C. M., Judy, K. W. M. and Chiarenza, A. R. (1973) Precompacted, coined titanium endosteal blade implants. *J. oral Implantology*, 3: 238—260.
- 13) Linkow, L. I., Glassman, P. E. and Asnis, S. T. (1973) Macroscopic and microscopic studies of endosteal bladevent implants (six month dog study). *J. oral Implantology*, 3: 289—309.
- 14) Piliero, S. J., Schnitman, P., Pentel, L., Granin, A. N. and Dennison, T. A. (1973) Histopathology of oral Endosteal Metallic Implants in Dogs. *J. dent. Res.* 52(5): 1117—1127.
- 15) Linkow, L. I. and Mahler, M. S. (1974) Further evidence of the compatibility of the titanium blade implant with the skeletal structures. *J. oral Implantology*, 5(2): 179—190.
- 16) Richards, L. W., Gourley, I. M. and Cordy, D. R. (1974) Titanium endosteal dental implants in the mandibles of dogs: Preliminary studies. *J. pros. Dent.* 31(2): 198—203.
- 17) Doms, P. (1974) The tissue response to endosteal blade implants microradiographic and tetracycline marking (Prat 1) *J. oral Implantology*, 4: 470—474.
- 18) Natiella, J. R., Armitage, J. E., Meenaghan, M. A. and Greene, G. W. (1974) Tissue response to dental implants protruding through mucous membrane. *Oral Sciences Reviews*, 5: 85—105.
- 19) Smithloff, M., Fritz, M. E. and Giansant, J. S. (1975) A clinical and histologic evaluation of a single blade implant and surrounding bone. *J. pros. Dent.* 4: 427—432.
- 20) 鈴木和夫 (1976) 骨内インプラントの実験的研究. *Dental Implant.* 4(3): 11—15.
- 21) 市川邦弘 (1977) ブレードインプラント挿入に伴なう組織変化に関する実験的研究. *歯科医学*, 40(2): 196—218.
- 22) 谷口幸次 (1979) Blade-Vent Implant に関する基礎ならびに臨床的研究. *インプラント誌*, 2(2): 20—38.
- 23) Babbush, C. A. and Staikoff, L. S. (1974) The scanning electron microscope and the endosteal blade-vent implant. *J. oral Implantology*, 4: 373—385.
- 24) James, R. A., Schultz, R. L., Whittaker, J. M. and Corbett, K. G. (1976) An ultrastructural study of the deep tissues found at the interface with subperiosteal oral implants. *J. oral Implantology*, 5: 368—382.
- 25) Russell, T. E. and Kapur, S. P. (1977) Bone surfaces adjacent to a subperiosteal implant: A sem study. *J. oral. Implantology*, 7: 415—439.
- 26) Steinberg, B. (1978) Tissue response to dental implants. *J. oral Implantology*, 7(4): 475—491.
- 27) 青木秀希, 加藤一男, 柴 満生 (1972) 水熱法による OH アパタイトの合成に関する研究 (第1報). *歯科理工学雑誌*, 13 (27): 170—176.
- 28) 青木秀希, 加藤一男 (1973) 水熱法による OH アパタイトの合成に関する研究 (第2報). *歯科理工学雑誌*, 14 (29): 36—39.
- 29) 青木秀希, 加藤一男, 蛸原正臣, 井上正秀 (1976) アパタイトの歯科材料への応用に関する研究 (第1報). *歯科理工学雑誌*, 17 (39): 200—205.
- 30) 青木秀希, 加藤一男, 小木曾誠, 田端恒雄 (1977) アパタイトの歯科材料への応用に関する研究 (第2報). *歯科理工学雑誌*, 18 (41): 86—89.
- 31) 福与碩夫, 佐野晴光, 石田幸男, 山本 稔, 阪本義樹, 橋本京一, 鈴木和夫, 村松 力 (1975) フリーデザインインプラント. *Dental Implant*, 3: 44—48.