

[原著] 松本歯学 13: 222-235, 1987

key words: 組織構造 — 骨形成 — ハイドロキシアパタイト溶射インプラント

プラズマ溶射インプラントの 周囲組織についての組織学的観察

鈴木和夫, 吉澤英樹, 荒木信清

松本歯科大学 口腔解剖学第2講座 (主任 鈴木和夫 教授)

高橋重雄, 伊藤充雄

松本歯科大学 歯科理工学講座 (主任 高橋重雄 教授)

The Histological Study of the Plasma Coated Implant

KAZUO SUZUKI, HIDEKI YOSHIZAWA and NOBUKIYO ARAKI

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

SHIGEO TAKAHASHI and MICHIO ITO

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

Summary

Titanium alloy blade-vent implants are generally used for endosseous implants. Recently, hydroxyapatite ceramics are also used for endosseous implants in some cases. The hydroxyapatite-coated implant system developed by us was the most successful endosseous implant system of those developed in 1981. The implant material used for this system was produced by coating titanium plates with a mixture of 80 % hydroxyapatite and 20 % aluminum oxide powder.

In the present study, we tested this implant system in dogs. Five inbred male beagle dogs were used. More than 3 months prior to implantation, the mandibular premolar teeth were extracted bilaterally under general anesthesia. Implants on the right side of the mandible in each animal were left untouched for 3 months. Thin sections were made with a sawing microtome in the bucco-lingual direction transverse to the long axis of the implants. Histological evaluation was done with a SEM and a light microscope using transverse and reflecting light.

The results were as follows ;

1) Radiographically, a radiolucent layer was found around the implant in metal or aluminum ceramics implant cases. In hydroxyapatite coated implants, however, there was an indistinct boundary between the implant and the alveolar bone.

2) Histopathologically, there was implant-bone contact in hydroxyapatite coated implants. No soft tissue was present between the implant and the alveolar bone. In the implant-bone contact, the healing bone was in close contact with the implant. The coating layer and the healing bone appeared to bind chemically at the interface.

These results suggest that these implants were well tolerated by bone tissue and stimulated osteogenic activity around the implant. Complementary basic studies on the clinical use of hydroxyapatite coated implants are critical to the long-term success of this approach.

緒 言

インプラント材料として、各種のセラミックス材料が注目されている。これらのセラミックス材料は、組成によりその物性は多少異なっているが、共に生体内において安定で組織刺激がなく、従来の生体材料に比べ、より優れた生体適合性を示す事が知られている。なかでも、ハイドロキシアパタイトセラミックスは、その組成が骨や歯の無機質の主成分と類似していることから、特に骨組織に対し優れた親和性を示し、セラミックスと骨組織が結合組織などを介せず、直接強固な結合をする事が報告されている。しかし、このような優れた生体材料であるセラミックス材料も、口腔インプラント材料として用いようとする場合、大きな障害が残されている。

セラミックス材料は、金属材料などのように、さまざまな形態のインプラントを作製、加工する事は困難で、その多くはピン状、あるいは棒状などの比較的単純な形態である。各種セラミックスインプラント材料は、圧縮に強く引張に弱いという機械的性質をもち、このような物性は、咬合圧を常に考えなければならぬ口腔インプラントにおいては特に重要な問題となってくる。

金属インプラントのようなブレード型の形態をセラミックスインプラントにそのまま応用することには、かなりの困難を伴う。金属材料を芯とし表面に生体親和性の強いセラミックスをおくことにより、この問題はある程度解決されるものと考えられる。

著者らは、アルミナやハイドロキシアパタイト

などを金属材料表面にコーティングしたインプラントを用い、種々の動物実験を行なってきた。その結果、骨内及び骨膜下インプラントにおいてもセラミック素材でコーティングしたインプラントは、金属材料のインプラントに比べ、より優れた生体適合性をもつと共に、金属材料の利点を十分に生かす事ができる事が明らかになった。さらにハイドロキシアパタイトコーティングしたインプラントは、アルミナでコーティングしたものに比べ優れた骨親和性を示すことを報告した。しかし、ハイドロキシアパタイトだけでコーティングした場合、強度的に問題があり、またコーティング部に亀裂や剝離が観察されることがあり、臨床応用にさらに改善する必要性があった。

そこで、ハイドロキシアパタイトとアルミナを種々の割合で混合し、コーティングしたインプラント材の機械的性質を理工学的に検討し、ハイドロキシアパタイトにアルミナ20%混合しコーティングしたインプラントが、強度的に最も優れていることを明らかにした。

本実験では、ハイドロキシアパタイト80%とアルミナ20%を混合しコーティングすることにより、強度的に改良されたインプラントの組織親和性及び骨親和性を検討する目的で、ブレード型骨内インプラントを挿入後6カ月経過のインプラント周囲組織の変化を組織学的に観察した。

材料および方法

1. 実験動物

実験には生後13カ月、体重13~14kgの雄ビーグル犬5頭を用いた。動物は実験に先立ちネンブ

タール (0.5ml/kg・体重) を腹腔内に注射し、全身麻酔下で右側下顎臼歯 (P₂, P₃) を抜歯した。抜歯後約3ヵ月飼育し、口腔内X線撮影にて抜歯槽治癒を確認し、実験に供した。

2. インプラント試料

本実験には純チタンブレード型インプラントに、ハイドロキシアパタイト80%、アルミナ20%の混合粉末をプラズマ溶射コーティングしたものをを用いた。

3. インプラント挿入方法

ネプタール (0.5ml/kg・体重) を腹腔内注射し、全身麻酔下で口腔内清掃・洗浄後、欠損部の歯槽頂の遠心から近心に向かい切開を加えた。切開のち、骨膜剝離鉗子で粘膜炎を剝離し、エアタービンエンジンを用い注水下、カーバイトバーで歯槽頂上に骨溝を形成した。生理食塩水で洗浄後、コーティングインプラントを通常に従い挿入し、剝離した骨膜・粘膜炎を縫合し、止血するのをまち挿入を完了した。挿入後、固定装置として残存歯 M₁ と、インプラントを支台とする固定架工義歯を作製、装着した。固定架工義歯はインプラント挿入3週後にセメント (カルボキシレートセメント) にて合着した。

4. 観察方法

インプラント挿入後上部構造物を装着し、6ヵ月間飼育し、各試料につき観察を行った。インプラント挿入後、6ヵ月経過した動物をネプタールによる全身麻酔下で口腔内X線撮影を行い、インプラント周囲の骨の状態を観察した。観察後、下顎骨を離断摘出し、10%中性ホルマリン溶液中で1週間以上固定した。固定後、下顎骨を軟X線発生装置 (ソフテックス EM 型) において撮影し、インプラント周囲の骨の増生・吸収状況を観察した。軟X線撮影後、下顎骨をファインカッター (平和工業) にて頬舌的に約3mmの厚さに連続切断した。一部の試料は5%硝酸ホルマリン溶液で脱灰後、通常に従いセロイジン包埋し、約10 μ mから12 μ mの組織切片を作成し、ヘマトキシレン・エオジン染色後光顕観察に供した。また、一部の切断試料はエタノール系列で脱水後エポキシ系樹脂に包埋し、表面を研磨後、走査電子顕微鏡 (日本電子 JCSA-733) にて観察した。

成 績

1. X線所見

従来多く使用されている金属やアルミナセラミックスを素材とするインプラントと異なり、ハイドロキシアパタイト溶射インプラントでは、インプラント周囲はより密な海綿骨により強固に骨内に固定されると考えられる。また金属、アルミナセラミックインプラントでは、インプラント肩部周辺から骨の吸収がおこり、骨外に露出し植立固定は弱くなる。しかしハイドロキシアパタイト溶射インプラントでは、いかなる挿入状況においても骨の吸収は少なく骨に固着するものと考えられる。各症例について、それぞれ検討を加えたので報告する。

〈症例1.〉

インプラント周囲は密な骨により包まれ、この骨梁は他の症例に比べ最も密である。特にインプラント下方の海綿骨骨梁は、他の部位よりも密な像を示す。骨部上方は、やや粗であるが骨によって被覆され、この骨は従来の歯槽骨縁の高さにまで増生・回復していると考えられる。またペント内は、やや肥厚した骨梁によって満たされている像が観察された。この症例において、インプラント周囲および頸部には骨吸収もみられず、特にインプラント周囲の骨はインプラントに密着しX線透過隙は観察されない。

〈症例2.〉

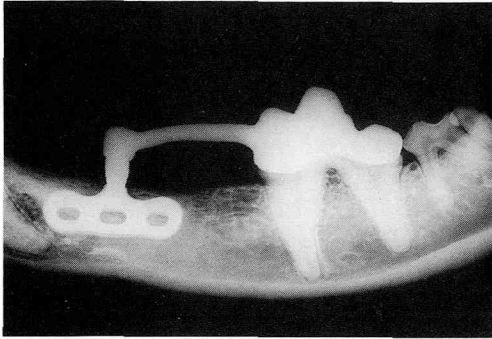
インプラントが挿入時に遠心方向に傾斜し挿入されている。このX線所見では、深く挿入されたインプラント遠心部では、肩部には正常の骨縁まで骨が増生し、肩部上方は密な海綿骨より包まれている。これに対し浅く挿入された近心部インプラント周囲の海綿骨骨梁は、やや粗造となっており、特にインプラント肩部上方の歯槽骨縁の海綿骨骨梁は、その近心部と比較し極端に粗造である。また、骨外に露出していると思われるインプラント近心端周囲の骨は、特に粗造で、一部に骨の吸収像も見られる。しかし、インプラント下縁の、特に強く荷重が加わるとと思われる部位の骨梁は増生・肥厚している様相を示す。深く挿入された遠心側のペント内は密な海綿骨で埋められているが、近心側では粗である。

〈症例3.〉

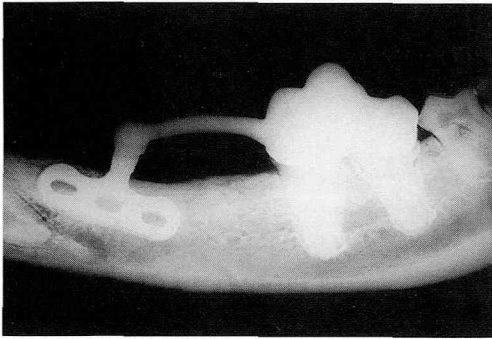
インプラントの挿入は浅く、インプラント肩部が、歯槽骨縁より上に位置し骨外に露出しているのがX線像から判る。インプラント体部を包む海綿骨はインプラント周囲では特にち密であり、インプラントに密着している様相がうかがわれる。骨上縁には、やや下方のインプラント遠心端の周囲から肩部に向かって骨の増生がみられるが、そ

の骨梁は粗造であることがX線の透過性が良いことから判る。近心端の浅い部では、インプラント近心端周辺から増生する骨はみられず、インプラント肩部は骨外に露出している。ペント内の海綿骨骨梁は、外周を包む骨梁よりさらに粗造である。《症例4.》

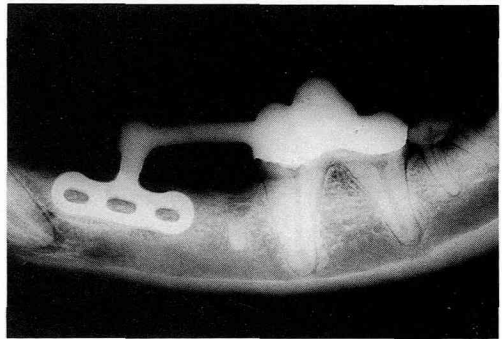
症例3. よりもさらに浅く挿入されたと思われる例である。症例3. と同じく近心端では、外周から肩部上方に増生する粗造な海綿骨が見受けられるが、この増生は肩部にまでは達せず遠心端部のみを被覆している状態になっている。近心端の側縁にはインプラントの縁に沿って骨の増生の様相がうかがわれるが、これは肩部上端にまでは達していない。インプラント外周を包む海綿骨の骨梁は、他の症例よりも粗造であるが、よりインプラントに近い部は外周に比較して密である。特にインプラント近心外側部およびインプラント近心端部下縁には、密な骨梁の配列がみられる。ペント内は、やや肥厚した太い骨梁で満たされている。



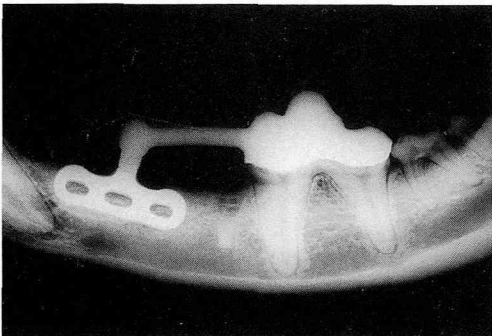
症例 1



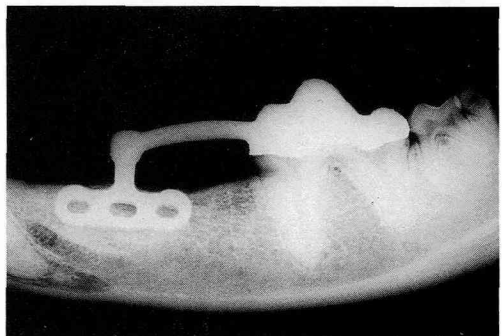
症例 2



症例 3



症例 4



症例 5

写真 1 : X線所見

中央部のベント上縁，すなわち頸部下端に位置する部のベント上縁には，X線を透過する部位が観察される。しかし，これは骨の吸収像とは考えられ難い。

〈症例5.〉

インプラント周囲は，肥厚した密な海綿骨でとりこまれている。インプラント近心端部の肩部上方は希薄ではあるが骨の増生が見受けられる。遠心端部においてはインプラント肩部は骨外に露出し，この部には骨の被覆はみられない。肩部上方の骨の被覆がみられる近心端部においては，外周をとりまく密な骨梁の範囲は広いが，遠心端部においては極度に狭くなっている。また，ベント内を埋めている海綿骨は近心端部では密であるが，遠心端部では粗造である。中央部，すなわち頸部下方向のベント内の骨梁も粗造で，特に上縁部にはX線透過部位が観察される。

以上のX線所見を総括してみると，インプラント周囲は密な骨梁でとり囲まれている。インプラントと周囲骨との間には，正常歯根の周囲にみられる歯根膜に類似するX線透過像は観察されない。

インプラントが骨内に深く挿入され，インプラント肩部上縁が歯槽骨縁下にある場合には，インプラント肩部上方に海綿骨の像がみられる。インプラント肩部上縁が歯槽骨縁よりも上方の骨外にある場合には，肩部上方に骨の存在は認められない。インプラント周囲の海綿骨の骨梁は経時的に増すようであり，骨の配列も密になる。このようにインプラント挿入後，経時的にその植立固定力は増すと考えられる。

一部の実験例において，咬合力が強く伝達されたと思われるインプラント下方に密な骨の増生像が認められ，咬合力による刺激が骨の増生を増すものと考えられる。一方，インプラントの一部が骨外に露出し上方に骨がみられず，咬合により支台歯方向へ傾斜移動が加わった場合には，牽引による骨の吸収像がみられる。この事は，急激で過度な荷重が加わった場合には，骨の吸収が起こり得ることを示唆すると考えられる。

2. 切断面の観察

インプラント挿入部の顎骨の頬舌的切断面の観察を各症例について報告する。

〈症例1.〉

下顎骨頰側の皮骨より増生した骨がインプラント肩部上方を被覆し，皮骨と同様の密骨より成っている。さらに，この被覆する密骨および下顎骨外周の皮骨より増生する骨は，インプラント側面に沿い増生している。この増生した骨梁は，骨体部にある海綿骨骨梁よりのびる肥厚した骨梁と癒合し，インプラント外周をとりまく骨梁網を形成している。インプラント下端部においては，骨体部よりのびた骨梁がインプラント先端を中心として放射状に広がる骨梁配列をなし，この上方はインプラント外周を包む骨梁につながっている。

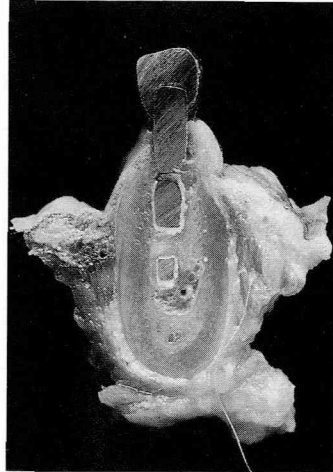
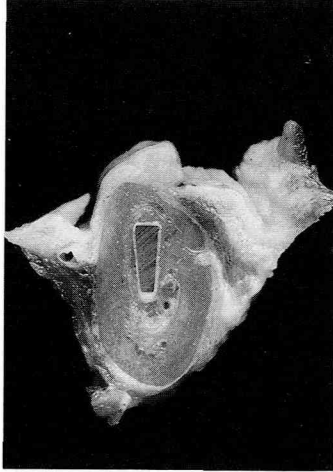
インプラントと骨梁の間には結合組織はみられず，インプラント表面の凹凸に沿って骨の陽形像がつくられ，これがインプラント表面の暗形と一致している。すなわち，インプラント表面の凹陷部内にこの増生骨は侵入し，インプラント表面のコーティング層と癒合した状態になっている。歯槽縁部の灰骨より上方に増生する骨がインプラントに密接し，頸部を把握する状態でとり囲んでいる様相がみられる。ベント内では，やや粗造ではあるが，希薄な骨梁による海綿骨で満たされた状態になっている。

〈症例2.〉

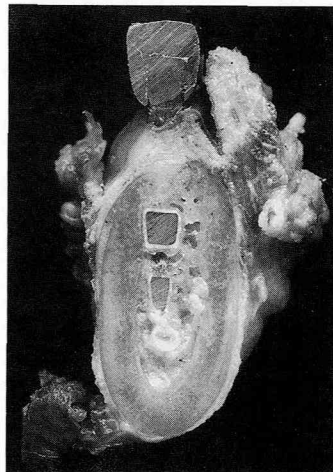
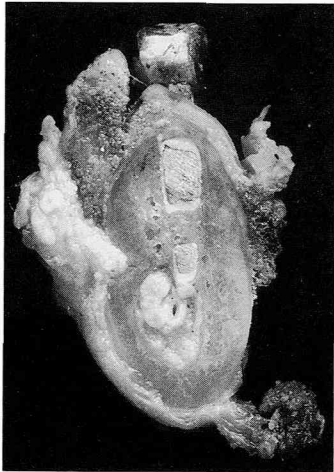
症例1.と同様にインプラント外側およびベント内は，下顎骨皮骨より増生する骨および海綿骨骨梁より増生する骨にとり囲まれ，特にベント内は肥厚した骨梁によって満たされている。しかし，肩部上方では，症例1.と比較して増生する骨は菲薄であると共に幼若な様相を示し，一部においては，上縁は粘膜固有層からくる結合組織で覆われているのが観察される。症例2.においては肩部上方に増生する骨の増生は遅く，また幼若な骨で被覆されるものと考えられる。しかし，インプラント頸部付近の肩部上方は，肥厚した骨梁が粗造な網状の配列をなし，骨梁間は上方よりくる結合組織で満たされている。また，インプラント外周をとりまく増生骨の骨梁は菲薄であり，ベント内を埋める骨梁は粗造で，症例1.と比較して，かなり多量の結合組織で満たされた状態になっている。また下端部では，骨の増生も遅く結合組織で被覆された様相がみられる。

〈症例3.〉

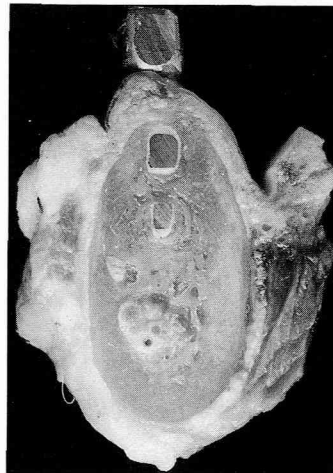
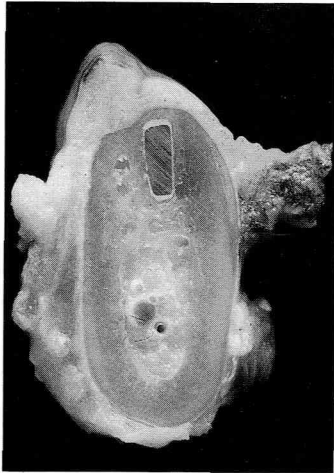
症例1.および2.と比較して，インプラント



症例 1

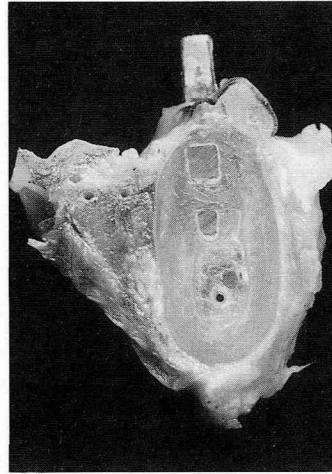
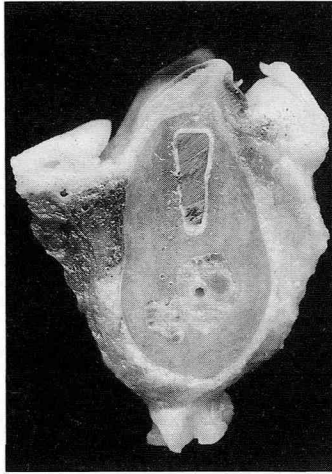


症例 2

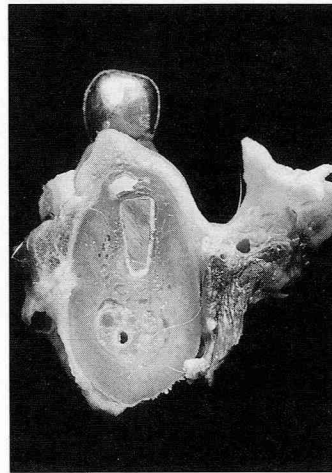
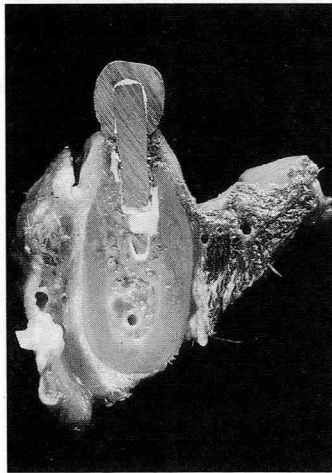


症例 3

写真 2 : 割断面実体像



症例 4



症例 5

写真 2：断面実像 (前頁より続き)

周囲を包む増生骨の骨梁は肥厚し、ち密骨骨梁によってインプラント外周はしっかりと包まれている。肩部上方は非薄ではあるが全周が下顎骨皮骨よりのびるち密骨によって覆われ、この骨は皮骨のち密骨と様相を同じくしている。これからみて、インプラント全周は既存の骨組織と同様な骨によってしっかりと包まれているものと考えられる。頸部においてもこの外周の骨はインプラントに密接し、その間に結合組織はみられない。骨は頸部においては外側の部よりもやや非薄であると思われる。下端部付近では外側よりも骨の増生は遅く、インプラント先端には結合組織により包ま

れる部位が観察される。しかし、その結合組織より下方には肥厚した海綿骨骨梁によってみたされ、正常な他の部の海綿骨骨梁よりもこの部の骨梁は肥厚し、骨髓腔は極端に狭くなっている。

《症例 4.》

外周をとりまく骨は、症例 3. よりもち密となり、ほとんど下顎骨外周皮骨を構成するち密骨の様相と変わらぬ骨の状態である。また、インプラント肩部上方は、症例 3. と同様に非薄ではあるが外周の皮骨と変わらない様相の骨によって覆われている。インプラント中央部付近では外側骨寄りとはほとんど変わらない様相を示すが、ベント内

にはこうした骨梁が網状に配列し、海綿骨の様相を示している。肩部上方は外側と同様、ち密骨で覆われている。この様相は症例3.における頸部、あるいは中央部よりも骨の配列はち密であり、石灰化度も高いように思われる。生端部は症例3.よりもいっそう菲薄な骨がインプラントを包み、さらにその外表に結合組織がみられる。

〈症例5.〉

インプラント周囲の各所に印象材が残存された状態になり、この部は骨の増生がみられず、インプラントと骨の間は結合組織あるいは残存する印象材によって満たされている。しかし、印象材の残存していない部では、やはり他の症例とかわらず、増生した骨がインプラント表面に密着し癒合した状態になっている。肩部上方で印象材が埋没残存している部でも、歯槽縁頂には菲薄な骨が増生し印象材は結合組織に包まれ、さらにその外周は骨で包まれている。他の部では、増生した骨はインプラントに密着しインプラントをとりまいていく様相がみられ、この部に結合組織の存在は観察されない。

インプラント挿入部の顎骨の頬舌的断面を観察すると、インプラント全周には増生したち密な海綿骨で包まれる。この増生骨は、ち密骨よりなる皮骨、歯槽部の海綿骨と癒合し、一塊の骨となっている。インプラントを包む増生骨とインプラントの間には結合組織は介せず、骨とインプラントは結合 (bone chemical bonding) の様相で密着している。この増生する新生骨の増生状態をみると、皮骨や海綿骨より海綿骨骨梁の形状でインプラント方向に向かって増生し、さらにこれら増生骨はインプラントに沿って菲薄な骨梁として増生する。増生骨はインプラントをとり囲むように増生しつつ、各々の増生骨梁は肥厚し癒合してゆき、インプラントと一塊の骨として包むようになる。

3. 光学顕微鏡および走査電子顕微鏡による観察

インプラント挿入部の断面をみると、インプラントは増生する新生骨により囲まれ、この骨組織はインプラント表面を被覆している。アバタイトに癒合の状態に密着している。このインプラント周囲組織の構造を光学顕微鏡と走査電子顕微鏡により観察を行った。

〈症例1.〉

走査電顕像でみると、インプラント肩部上方を被う新生骨は多数の血管隙をもった、皮質骨より増生する骨組織の像を示す。この新生骨は既存の皮質骨より幼若な様相を示している。この新生骨はインプラント体上部を包むとともにインプラント側面に沿って新生骨の増生をしている。顎骨骨体海綿骨中に位置するインプラント脚部は上方の皮質骨からのびる増生骨と海綿骨より増生する菲薄な骨梁によって囲まれている。術後6カ月ではインプラント上、下端は完全に新生骨で包まれるが、側壁中央部では海綿骨骨髓腔にインプラント表面が露出している。インプラントを囲む新生骨はインプラント表面に密着し、インプラントと骨の間には線維性結合組織は介在していない。この境界層をみると被覆するアバタイトセラミックス表面の粗造状態に一致して骨が密着している。インプラント表面に密着する増生骨を光学顕微鏡で観察すると、増生骨にはハバース管をもつ骨層板がみられる。この増生骨のインプラントに接する表面には平行層板はみられず、ハバース層板が観察される骨組織がインプラントに直接密着している。この骨表面はインプラント表面の粗造状態に一致する波濤状の粗造面を呈している。

〈症例2.〉

走査電顕像でみると、インプラント周辺は細い骨梁により構築される粗造な海綿骨である。この海綿骨骨梁はインプラント体部のベント内は海綿骨で満たされた状態となっている。インプラント表面には、皮質骨や海綿骨より増生する新生骨が密着している。この新生骨はインプラントを包み、インプラント表面のアバタイトと骨組織はケミカルボンディングの様相を呈している。新生骨骨基質は既存骨よりやや粗造な状態を呈するが、石灰化度は既存骨と差はみられない。

光顕像でみると、インプラント周囲にはハバース管をもつ成熟骨がみられるが、インプラント表面には菲薄な幼若新生骨の増生がみられ、この骨基質にはハバース管は存在せず、平行層板がみられる層板骨である。この新生骨のインプラント側表面はインプラント表面の粗造状態に一致する波濤状を示し、線維性結合組織はみられない。このことは新生骨はインプラント表面に直接密着していることをうかがわせる。

〈症例3.〉

走査顕微鏡では、ち密にインプラントを囲む新生骨がみられ、この新生骨は皮質骨に近接する側ではよりち密である。皮質骨はインプラントに向かって増生し、インプラントに密着する。海綿骨側では肥厚した骨梁がインプラントに向かって増生し、さらに増生接近した骨梁より、さらにインプラント表面に沿って骨組織が増生密着する。この新生骨とインプラントの間には線維性結合組織

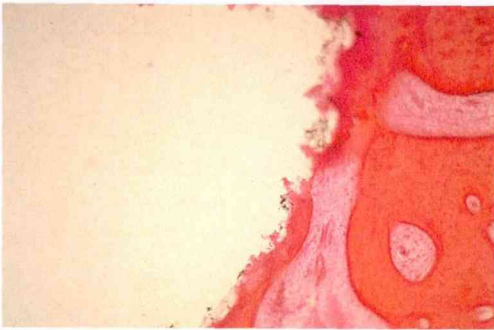
の介在はない。インプラントに密着する新生骨の顕像をみると、新生骨は健全な骨組織と同様にハバース管やハバース層板が観察される。しかし、インプラントに接する表面には不規則な平行層板がみられる幼若な骨組織が介在している。

《症例4.》

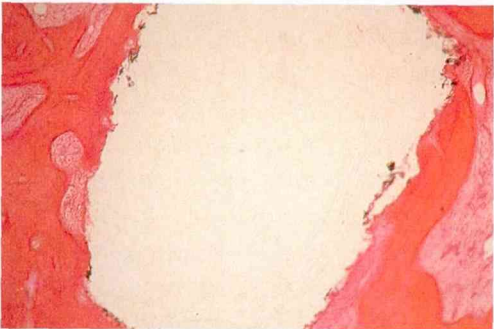
インプラントベント部をみるとインプラント表面には、皮質骨や海綿骨骨梁より増生する新生骨



症例 1



症例 2



症例 3

写真 3：光学顕微鏡像 (H.E.染色)

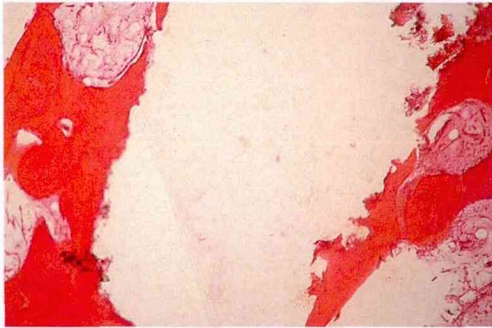
が密着している。ペント内には増生する新生骨による骨梁がみられ、ペント内を網状に満たすとともに、ペント周壁をつくるインプラント体に密着している。顎骨骨体深部に位置するインプラント先端部には、インプラントに接する骨組織はみられず、骨体内の骨髓結合組織中に露出した状態となっている。

光顕像でみると、インプラント周囲の新生骨は既存骨に比してハバース管が少なく、不規則な骨層板がみられ、幼若骨の様相を示す。この新生骨が接する部では、インプラントと新生骨の間に線維性結合組織の介在はみられない。しかし、イン

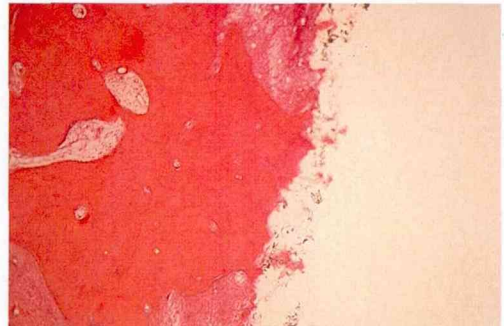
プラントに密接する新生骨がなく、インプラントを結合組織が被う部分が多くみられる。インプラント肩部上方の部位には皮質骨より増生する骨組織がみられ、挿入時に形成される骨溝は皮質骨により完全に埋められている。

《症例5.》

インプラント挿入直後の印象採得時に印象材がインプラント周囲骨内に埋入した例における走査電顕像では、インプラント周囲および印象材周囲には被包する線維性結合組織がみられる。しかし、



症例4



症例5

写真3：光学顕微鏡像（H.E.染色）（前頁より続き）

一部位では他の症例と同様に新生骨が密接する像がみられる。骨の増生様相をみると、他の症例と同様に皮質骨や海綿骨骨梁が増生してインプラントを囲む像がみられる。

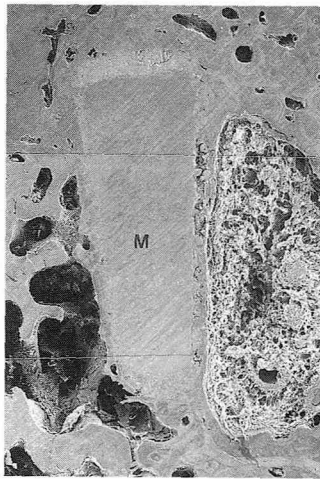
光顕像でみると、インプラントや印象材を被包する線維性結合組織は血管を豊富に含んだ結合組織である。インプラントを被包する線維性結合組織にはインプラントに接する表層部に類骨組織の散在がみられ、インプラント表面にあるアパタイトの骨誘導能の存在をうかがわせる。インプラント表面に骨組織が直接密着する部分では症例 4、

と類似する幼若な新生骨が観察される。

これら症例の光顕的、走査電顕的観察からみると、皮質骨や海綿骨骨梁から増生する新生骨はインプラント表面を被覆するアパタイトセラミックスに bone chemical bonding の状態で密着し、新生骨とインプラントの間には線維性結合組織は介在しない。

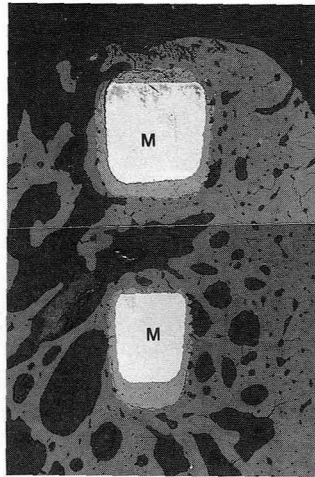
考 察

骨内インプラントは本体となる下部構造は骨内に埋入され、骨内で骨組織や結合組織により維持



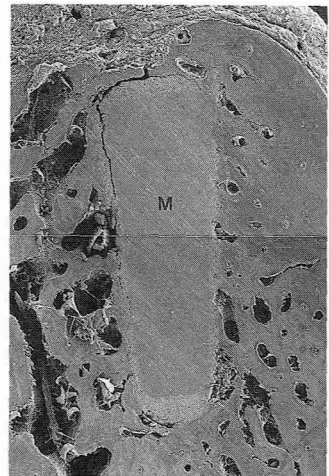
症例 1

1 mm



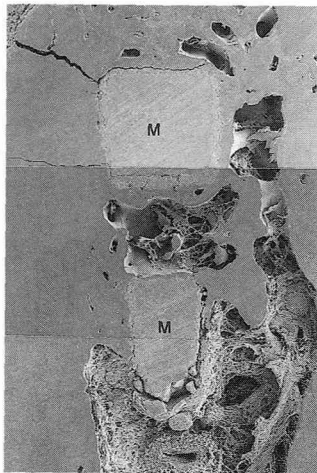
症例 2

1 mm



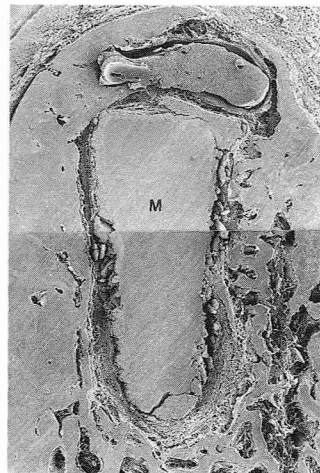
症例 3

1 mm



症例 4

1 mm



症例 5

1 mm

写真 5：走査電子顕微鏡像

されている。さらに一部は口腔内に露出し、支台として上部構造物とともに咀嚼機能にたずさわわり、これによる荷重は下部構造につたえられる。

骨組織中に異物としてインプラント材料が埋入される骨内インプラントでは、周囲組織の状態は骨の外科的治療のみよるものでなく、インプラントとして使用される素材と宿主組織との相互作用について考察されなければならない。

骨内に埋入されるインプラントでは、インプラント材と周囲組織は化学的および生物学的機能をもって相互作用により結合されている。このためにインプラントの生体適合性は材料の物理化学的性質、インプラント形態、機能的荷重などにより異なった結果を示す。骨内におけるインプラントと骨組織の間には、癒合、接触と線維性結合組織による被包がみられる。線維性結合組織に被包する素材としては金属やアクリレートレジンが挙げられている。これらは周囲組織に異物反応をおこすためと考えられており、チタン、アルミナセラミックスなどはこの反応は弱く骨の接触がみられる。

Linkow と Chercheve(1970)¹¹によりメタル・プレート型インプラントが臨床に使用されてから、多くの研究者により周囲組織の観察がなされている。Richards(1974)¹²はインプラント周囲の結合組織線維としてはインプラントを被包するとともにシャープ線維として周囲骨組織の基質内に侵入すると述べている。その後、Barbbush(1972)¹³ Branski (1979)¹⁴中島 (1976)¹⁵粕谷 (1981)¹⁶村松 (1982)¹⁷等により、この線維性結合組織の観察について報告されている。この線維性結合組織を原基としてインプラント周囲には骨の新生、増殖がなされている。粕谷 (1981)¹⁶はチタン・ブレード型インプラントの挿入実験により、インプラント周囲では術後14日間で骨の新生が開始され、術後90日で既存骨と区別出来なくなると述べられている。赤川 (1984)¹⁸はアルミナセラミックスとチタン合金をラット顎骨に挿入し、挿入後14日で骨の新生が始まり、挿入後84日で新生骨は完全に成熟すると報告している。

Schroeder (1974)¹⁹は形態的や機能的にこの被包は影響され、荷重その他機能的影響により2次的に被包が形成されると述べている。

このインプラント周囲の結合組織は、線維の走

行や状態から天然歯における機能と同一のものと云えない。しかし、機能時の周囲骨組織の機能的構造の保持には係わりの大きなものと考えられる。Schneider (1978)¹⁰Cranin (1980)¹¹らは、インプラントとの間に結合組織が含まない骨内維持が望ましいと述べている。

Mckinncy (1982, 1983)^{12,13}は、アルミナセラミックスを埋入の実験において検体の70%に希薄な線維性結合組織被膜がみられ、検体の30%は骨に接していたと報告している。また、アルミナセラミックスを顎骨内に挿入した36例の実験において70%例に結合組織の介在を認めている。しかし、川原 (1980)¹⁴やKlawittr (1977)¹⁵は単結晶アルミナセラミックスの挿入では直接骨に接すると報告している。青ら(1985)¹⁶の成犬下顎骨内にアルミナセラミックスを埋入した実験では、インプラントと骨の間に希薄な線維性結合組織が介在するが、組織為害性は少なくないと述べている。小木曾ら(1983, 1984)^{17,18}はハイドロキシアパタイトセラミックインプラントでは骨性癒着により骨内維持が保たれ、一本の歯として機能し得る点で優れていると述べている。この周囲骨組織の形成と骨癒着について小木曾らの報告によると、埋入後5日でアパタイトセラミックス周囲組織の組織分化とともに骨形成が開始される。アパタイトセラミックス表面に形成された石灰化層は埋入後2週で成熟骨に近い状態となり、30日には通常の状態となると報告している。小木曾(1978)¹⁹の実験では、成犬下顎骨内にハイドロキシアパタイト焼結体を埋入後60日でインプラント表面にはハバース管のみられる新生骨がみられ、埋入後410日に至っても焼結体周囲の状態は基本的な変化はみられない。この実験結果より、ハイドロキシアパタイト焼結体は埋入材料周囲の骨組織形成に関して従来の諸材料に見られない高い組織親和性を示したと報告している。青ら(1985)¹⁶のハイドロキシアパタイトセラミックス(アパセラム)を挿入後の経過観察では、挿入後1カ月以前にインプラント表面において骨の形成が開始され、挿入後3カ月でインプラントは幼若な新生骨に包まれる。インプラントと新生骨の間には結合組織の介在はみられず、骨はインプラントに密接していたと報告している。この結果より、ハイドロキシアパタイトセラミックスはアルミナセラミックスに比べ

て、骨の増生は強く、インプラントと骨の結合は強いと考えている。

これから、ハイドロキシアパタイトセラミックスは組織親和性が強く、強い骨形成誘導能をもつものと思われる。しかし、ハイドロキシアパタイトセラミックスは脆性に欠き、インプラントの形態や大きさが限られる。このことから骨組織親和性に優れたハイドロキシアパタイトと靱性に優れたチタン板の複合体は両特性を得て人工歯根として優れたものとなると考えられた。この思慮のもと伊藤ら(1986)²⁰⁾はハイドロキシアパタイト80%、アルミナ20%の混合粉末をチタン板に溶射し、ブレード型インプラントを考案作製した。これは、インプラント表面は組織親和性が強く、靱性のあるブレードであり、より優れたインプラント材として利用し得るものと考えられる。本実験では、このハイドロキシアパタイト・アルミナ溶射ブレード型インプラントを顎骨内に挿入し、咀嚼機能を加えたインプラント周囲組織の経時的変化について6カ月間観察した。この結果では、インプラント表面には早期に新生骨が形成され、インプラント表面と骨組織は小木曾らの言う化学的接着(ケミカルボンディング)の様相を示している。長期間の機能時における経過観察においても、この接着状態には変化がないのみでなく、周囲骨組織のより良い増生がうかがわれるものと推測される。

結 論

チタン素材によるブレード型インプラントは優れたものとして骨内インプラントに従来から多く使用されている。

最近、ハイドロキシアパタイトセラミックスは組織親和性が強く、骨誘導能をもつことから骨内インプラントに利用されるようになった。しかし、この素材は脆性などに多くの難点が残されている。

本実験はチタンとアパタイトの利点を利用し、チタン表面にハイドロキシアパタイトを溶射したブレード型インプラントを骨内インプラントに用いた生物学的実験である。

実験的に試作されたハイドロキシアパタイト80%、酸化アルミニウム20%混合粉末を溶射したブレード型インプラントを挿入したビーグル犬下

顎骨により、術後6カ月のインプラント周囲組織について組織学的観察を行った。

1. 金属インプラントやアルミナセラミックスでは多くの場合、X線像にインプラント周囲にPeri-implant membraneの介在と考えられるX線透過隙がみられる。しかし、本実験ではこの像はみられず、インプラント周囲には肥厚した骨梁がインプラントに密着している像がみられる。この肥厚した骨梁網はインプラント周囲では歯の植立する歯槽部の骨梁網より密な網目像を示す。

2. インプラント挿入部の下顎骨を頬舌的に切断し、この切断面を実体顕微鏡にて観察した。

インプラント周囲にはインプラントに密着し、インプラントを取り囲む非常に薄い骨梁がみられる。このインプラントに密着する骨は歯槽縁部や外周の皮骨よりインプラントに沿って増生し、さらにインプラント周辺部の海綿骨より増生する骨梁と癒合する。この結果、インプラントは肥厚した骨梁による非常に密な海綿骨に埋められた状態となっている。インプラント先端部ではこの海綿骨は粗造であり、インプラントに密着する骨組織がみられない場合もある。この部の骨組織の存在の有無は咀嚼などによる荷重に影響されるものと考えられた。インプラント周囲ではインプラントと骨の間にはインプラントを被包する結合組織の介在はみられない。

3. 光学顕微鏡および走査電子顕微鏡で観察するとインプラント表面に溶射される被覆層と増生骨の間には骨癒合(Ankylosis)様の骨結合(bone chemical bonding)がみられる。インプラントに骨結合がみられない部位においては骨髄組織様の疎性結合組織がみられるが、インプラントを被包する従来のPeri-implant membraneとは異なった組織像である。

インプラントに密着する増生骨では血管腔は狭く、やや不規則な骨層板がみられ、周辺海綿骨の骨梁組織構造と大差はない。また頸部に近い部位では増生骨にハーバース層板がみられ、既存の密骨と類似の組織構造を示す。

4. 以上の結果、チタン・ブレード型インプラントにハイドロキシアパタイト80%、酸化アルミニウム20%混合粉末を溶射被覆することにより、ハイドロキシアパタイトの組織親和性骨誘

導能により、早期にインプラント周囲の骨形成がみられ、増生骨はインプラント表層の被覆層と骨結合を示す。このインプラント維持様式は初期固定および永久固定からみて、機能的、生物学的により優れたものと考えられる。

文 献

- 1) Linkow, L. I. and Chercheve, R. (1970) Theories and Techniques of Oral Implantology. C. V. Mosby Co, St. Louis. 1: 66-77, 123-133.
- 2) 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: 198-203.
- 3) Babbush, C. A. (1972) Endosseous blade-vent implant; A research review. J. oral Surg. 30: 168-175.
- 4) Brunski, J. B., A. F. Jr. Pollack., S. R. Korostoff and Trachenberg, D. I. (1979) The influence of functional use of endosseous dental implant on the tissue implant interface. 1. Histological Aspects. J. Dent. Res. 5: 1953-1969.
- 5) 中島知範 (1976) 嵌植義歯を目的とした歯槽骨内インプラントに関する実験的研究。九州歯学会, 29: 771-787.
- 6) 粕谷健次 (1981) Microradiography, T. C. labeling 法ならびに走査電子顕微鏡による blade-vent Implant 挿入後の初期における周囲組織の観察。日大歯学, 55: 372-385.
- 7) 村松 力 (1982) 骨内インプラント周囲結合組織の組織学的研究 - Peri-implant membrane の構造について - 松本歯学, 8: 197-209.
- 8) 赤川安正 (1984) アルミナセラミックス・インプラントの臨床と研究 クインテッセンス出版 別冊 骨内インプラントの限界と可能性: 67-77.
- 9) Schroeder, A. (1974) Das Implantat nach Herskovits Schweiz. Mischr. Zahnheik, 84: 742-749.
- 10) Schneider, H. R., Kallenberger, A und Meszaros, J. (1978) Beweglichkeitsmessungen und histologische Untersuchungen an Kaufunktionell belasteten, enossalen Titaniumimplantaten im Unterkiefer adulter Bärenmakaken. Schweiz. Mischr. Zahnheik, 88: 815-821.
- 11) Cranin, A. N. (1980) The anchor endosteal implant. The Dental Clinics of North America, 24: 505-519.
- 12) Mckinney, R. V., Koth D. L. and Steflik, D. E. (1982) The single crysteal sapphire endosseous implant. I. Material characteristics and placement tequniques. J. Oral implantology, 10: 487-503.
- 13) Mckinney, Jr. Steflik, D. E and Koth, D. L., (1983) Evidence for a Biological Seal at the Implant-tissue Interface. (American Academy of Implant prosthodontics), PSG publishing co. Massachusetts. 25-56.
- 14) Kawahara H. and Hirabayashi M., (1980) Single crysteal alumina for dental implant and hone screws. J. Biomed. Mater Bes. 11: 597-605.
- 15) Klawitter J. J., Weinstein A. M. and Peterson L. J. (1977) An evaluation of porous alumina ceramic implant. J. Dent. Res. 46: 768-776.
- 16) 青 久昭, 大口弘和, 佐原紀行, 鈴木和夫 (1985) セラミックインプラントに関する組織学的研究。松本歯学, 11: 277-286.
- 17) 小木曾 誠, 石田光輔, 田端恒雄 (1983) ハイドロキシアパタイトセラミックインプラントの基礎と臨床, セラミックインプラントの実際。クインテッセンス出版, 47-70.
- 18) 小木曾 誠 (1984) ハイドロキシアパタイト・セラミックス・インプラント クインテッセンス出版: 別冊 骨内インプラントの限界と可能性: 53-66.
- 19) 小木曾 誠 (1978) 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.
- 20) 伊藤充雄, 高橋重雄 (1986) プラズマ溶射機を用いたアパタイトコーティングした複合インプラント材の製作について。歯科材料・器械, 5: 727-733.