

[原著] 松本歯学 13 : 64~82, 1987

key words : 組織構造 - 骨形成 - インプラント

シリンダー型骨内インプラントの実験的研究

重浦英正, 吉沢英樹, 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)

The Study of the Cylindrical Type of Endosteal Implants

EISEI SHIGEURA, HIDEKI YOSHIZAWA and KAZUO SUZUKI

Department of Oral Histology, Matsumoto Dental College

(Chief : Prof. K. Suzuki)

Summary

There are several different types and materials that are used in the endosteal implant, and recently, the root type implant has been used. In order to be acceptable as a material for implant, it is essential that it does not initiate an unacceptable inflammatory response in the tissue, and that it is biocompatible.

In the present study, the acceptability of titanium for root type implants was examined in vivo histopathologically and clinically and its functional problems resulting from occlusal stress was considered.

The right mandibles of 12 adult dogs, from which premolars had been removed, were used in the present study. After alveoectomy, a newly devised endosteal implant which contained a piece of transplanted bone was inserted and followed with closure of the surgical site.

The insertion material was a cylindrical titanium tube approximately 5 mm in diameter and 7 mm in height. The tube wall was punched with many holes approximately 1 mm in diameter. The tube was filled with fresh bone marrow, which is excised from the iliac bone, before insertion.

After 3~18 months, the thick connective tissue layer surrounded the metal, and the bone tissue, which grew from spongy bone, came into contact with the metal. Inside the tube, the dense spongy bone was marked by a trabecular bone which enters the tube from the superior, inferior and lateral holes. The entering bone matrix made contact with the remaining transplanted bone.

緒 言

近年、歯科領域において、組織親和性の優れた素材によって、骨内インプラントの開発がなされ、臨床に応用されるようになった¹⁻¹¹⁾。これ等の骨内インプラントに、安定した骨植と、荷重に対する負担能力をもたせるためには、インプラント周辺の利用し得る骨は最大限に使い、生理的荷重を局所に集中させることなく、周囲組織に均等な荷重の分散がなされなければならない。

上記の理由から、Schroederら(1976)¹²⁾は、歯槽骨への強い側方応力、咬合圧による荷重負担などの配慮から、Titanium素材のHollow cylinder typeインプラントを考案した。この形態のインプラントは、円筒天蓋部における孔、及び、側孔を通る骨橋によって、円筒内の骨組織と、円筒外周の骨組織が連結し、強固な固定がなされる利点がある^{1,12,13)}。しかし、このインプラントの円筒天蓋部における孔の有意性、及び、周囲組織との関係について、組織学的検討はなされていない¹⁴⁻¹⁶⁾。

上記の事実を背景として、今回著者は、円筒天蓋部に孔を開けず、閉鎖された状態とした有孔円筒型インプラントを開発し、円筒天蓋部における骨組織の変化並びに、側孔部、円筒底部における周囲組織との関係について、組織学的検討を加えた。

本実験では、Schroeder等の行った輪状溝の形成は行わず、単純な骨槽の形成を行い、挿入部位への適合性を高める事を計った。しかし、骨の切削量は、輪状溝形成に比較して多くなる欠点がある。そのため、インプラント周囲骨組織の新生を促進し、更に、インプラントが早期に顎骨内に安定した植立を得るために、円筒内に新鮮自家腸骨を充填した¹⁷⁻²²⁾。本実験により多少の知見を得たので報告する。

材料および方法

実験材料

本実験には、生後1年以上、体重10 kg以上の雌雄雑成犬12頭を用いた。実験動物は、前もって下顎第2、第3、第4小臼歯を抜歯した。約3カ月間飼育した後に、口内法X線写真で抜歯窩の治癒を確かめ、インプラント挿入手術を行った。挿入後3カ月、6カ月、18カ月間飼育し、10%中性ホ

ルマリン液で灌流固定の後下顎骨を摘出した。

挿入材料及び挿入方法

インプラントの材質は、純チタンであり、円筒天蓋部に孔を開けず、閉鎖された状態とした有孔円筒型インプラントで、その形態は図1に示した。

本実験で行ったインプラント挿入術式は、以下の通りである。

抜歯窩の治癒が正常と認められる雑成犬に、Pentobarbital sodium (ネプタール、大日本製薬社製)を0.5 ml/kg腹腔内注射し、全身麻酔を行った。

自家移植骨採得のため、実験動物の腸骨骨稜部を露出し、カーバイドバー(メルファー社製#404)にて長さ約1.5 cm、幅1 cmの骨片を分離採取した。摘出骨片を生理食塩水に浸漬し、円筒内径に適合するように、骨膜及び外皮骨を除去した後、

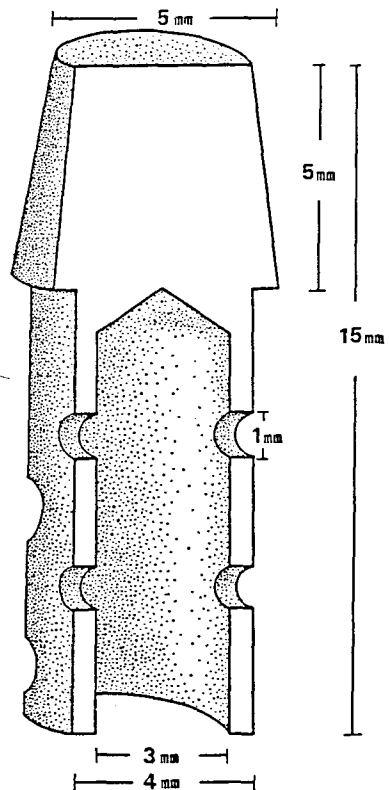


図1：有孔円筒型インプラント模式図：

材質は純チタンであり、側壁に径1 mmの側孔8個を有し、上端部は頭頸部に続く天蓋をもって閉鎖されている。

赤色骨髄を裁断成形し、充填した²⁰⁻²³⁾。

次いで、挿入部位の歯肉及び骨膜を剝離し、歯槽骨面を露出した。この部位に、カーバイドバーを用いて、インプラントが十分に適合するように、深さ約12 mm、直径4 mmの骨槽を形成した²⁴⁾。

この部位に移植骨片を充填したインプラントを挿入した。その後、インプラント頸部に粘膜が密着するように縫合を行った。粘膜創傷の治癒を待ち、約1週間後に下顎第1大臼歯とインプラント間に、固定装置を装着した。

観察方法

摘出した下顎骨は、軟X線発生装置(Softex EM B型)でX線撮影し、さらに10%中性ホルマリンで後固定した。その後、高速切断機(平和工業製)でインプラント挿入部位を裁断し、4種類の観察試料とした。

1. 軟X線像及び実体顕微鏡による観察

インプラント周囲組織について軟X線像及び実体顕微鏡で観察した。

2. 光学顕微鏡による観察

試料をPlank-Rychlo液にて脱灰後、通法に従い、celloidin包埋した。頬舌方向に、20 μ m~25 μ mの切片を作製し、Hematoxylin-Eosin染色を施し、鏡検した。

3. 走査電子顕微鏡(以下SEMと略す)による観察

試料を超音波洗滌器で洗滌後、通法に従い臨界点乾燥を行った。その後Auイオンスパッタコーティングを施し、日本電子J C X A-733X線マイクロアナライザーにより2次電子像の観察を行った。同一試料を、エポキシ樹脂に包埋し、バフ研磨後、カーボン蒸着を施し、反射電子による組成像を観察した。

4. X線マイクロアナライザー(以下XMAと略す)による定性分析及びContour map

SEMにより組成像を観察した同一試料をエネルギー分散型分光器により定性分析を行った。加えて含有Ca, P, Mg元素の濃度分布を、波長分散型分光器を用いて、Contour mapを作製した。分析機器はKevex7000型コンピューター・コントロール・システムを備えた、日本電子J C X A-733X線マイクロアナライザーを使用した。分析条件は、加速電圧15 kv, プローブ電流 1×10^{-7} A, プローブ径10 μ m ϕ である。Ca, P及びMgについ

ての広域Contour mapは3200 \times 2400 μ m²の領域を200 \times 150ポイントで分析し、定量的濃度分布をカラー画像として記録した。

成 績

軟X線像及び実体顕微鏡による所見

1. 挿入後3カ月

軟X線像では、インプラント側壁に沿い、インプラント周囲を取り囲む白線が見られる。白線とインプラントの間に狭いX線透過像が、全周にわたって見られる。インプラント周囲を取り囲む白線には、断続的な肥厚が見られ、側孔部では、この白線は孔の形に沿い太くなる。白線が肥厚している部から側孔に向かって細い骨梁像が見られ、側孔から円筒内へ骨梁が侵入しているように思われる。円筒底部では、円筒に直交して束状に走る数本の骨梁像が見られ、円筒底より円筒内に骨梁が侵入する様子がうかがわれる。歯槽縁部では、インプラント頭部下端のステップから円筒に沿って、骨吸収をうかがわせる弱い漏斗状のX線透過像が見られる(図2-A)。

断面像でみると、歯槽縁部では、ステップ下にインプラントに沿って、骨の矢状吸収が見られる。側孔部では、外皮骨よりのびた骨組織が侵入し、円筒内の海綿骨骨梁と癒合連続している。金属周囲には、やや厚い結合組織の層が見られ、金属と骨組織の間をみたしている。円筒天蓋部の骨表面は、結合組織で被覆され、更に表層が空虚となっている(図2-B)。

2. 挿入後6カ月

軟X線像では、挿入後3カ月の像と比較すると、インプラント周囲を取り囲む白線は、やや不明瞭となり、インプラントと白線間のX線透過像は狭くなる。

白線は側孔部で肥厚し、円筒外形に沿って波濤状を示す。この白線に連続して、側孔を通る太い骨梁が、円筒内に侵入する像が見られる。円筒底部より円筒内に束状になって侵入する骨梁像は、挿入後3カ月よりも太く肥厚しているように思われる。歯槽縁部の漏斗状の骨吸収像は、挿入後3カ月とほとんど変わらない(図3-A)。

断面像でみると、歯槽縁とインプラント頭部下端のステップの部の間は、結合組織で満たされ、歯肉は結合組織を介してインプラントに付着して

いる。またインプラント金属は、結合組織に被覆されるが、挿入後3カ月よりも、結合組織層は薄く、骨組織と金属が、直接接している部位も観察される。外皮骨より増生する骨組織は、側孔より円筒内に侵入し、網状の骨梁となり、円筒内の海綿骨骨梁と癒合している。円筒内天蓋部に面する骨の表面は、結合組織で被覆されている(図3-B)。

3. 挿入後18カ月

軟X線像では、インプラント周囲の白線は不明

瞭となり、インプラントに接して見られたX線透過像は消失する。インプラント周囲には、網状に広がる骨梁の配列が見られる。この骨梁の配列はインプラント周囲では緻密である。インプラントから放射状に走るこの骨梁が、骨体部の骨梁と一緒に、複雑な配列様相を示している。円筒底部では、骨梁は密に配列し、これに続く肥厚した骨梁が円筒内に侵入する像が見られる(図4-A)。断面像で見ると、インプラント外周の海綿骨か

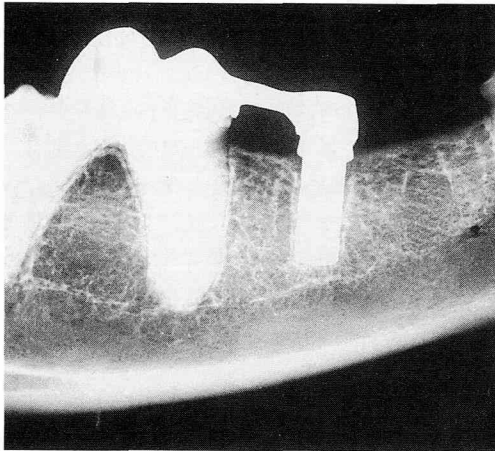


図2-A：挿入後3カ月 軟X線像

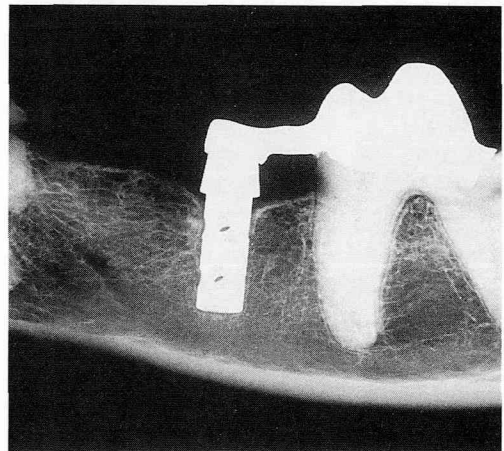


図3-A：挿入後6カ月 軟X線像

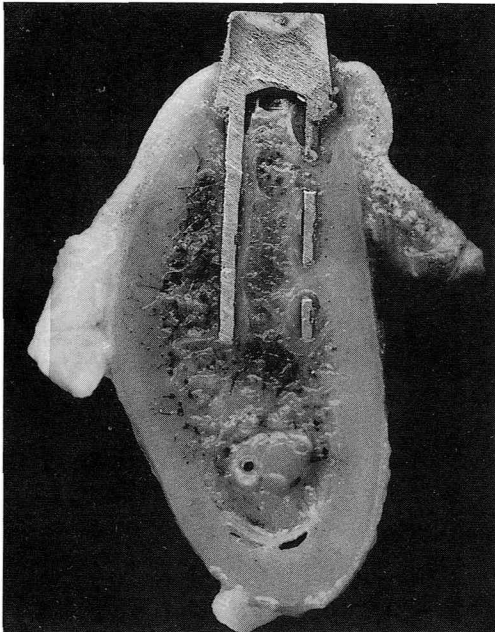


図2-B：挿入後3カ月 実体像

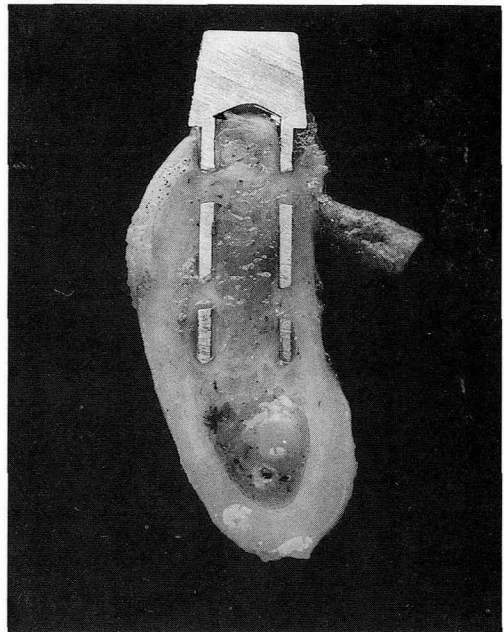


図3-B：挿入後6カ月 実体像

ら伸びた肥厚した骨梁が、側孔を通り、円筒内の骨梁と一体となって、海綿状の骨梁網を形成しており、両者に相違は見られない。円筒天蓋部では、骨の表面を被覆する結合組織は見られない。インプラント金属を被包していた結合組織は、ほぼ消失し、金属と周囲骨組織は直接接している。歯肉は、インプラントステップ下と歯槽骨縁の間を満たす結合組織を介して金属面に付着している（図4-B）。

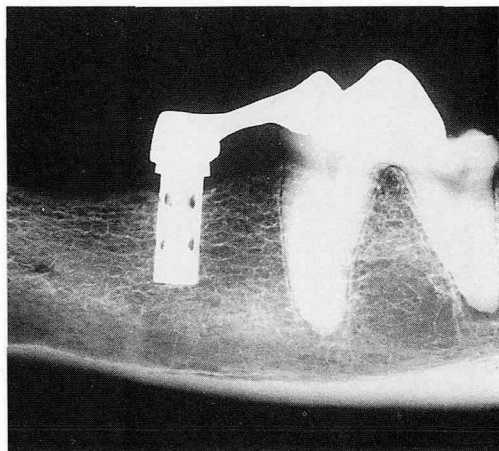


図4-A：挿入後18カ月 軟X線像

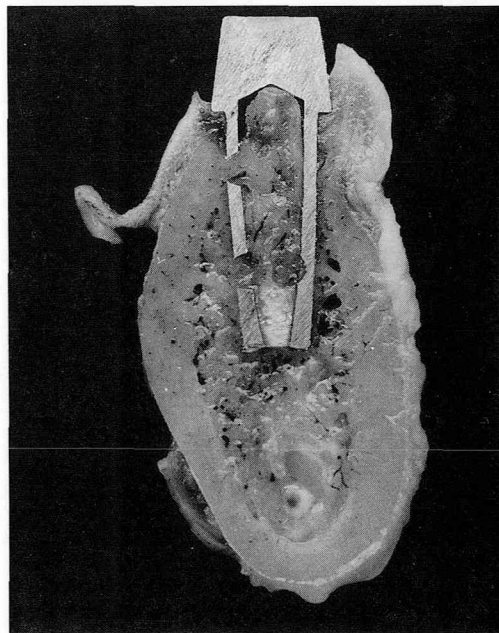


図4-B：挿入後18カ月 実体像

光顕的観察

1. 挿入後3カ月

インプラント頭部と歯肉の間には歯肉溝が形成されているが、ステップ部では、上皮の侵入は見られず、インプラントは粘膜固有層の密な線維性結合組織と接している。

インプラント体部は、線維性結合組織の厚い層によって被覆されており、またこの結合組織は、インプラント金属に平行に走る緻密な結合組織と不規則な走行を示す粗な線維性結合組織の2層構造を示している。この線維性結合組織の内層は、インプラント体部と密接し、外層は既存骨へ移行している（図2-D）。

側孔部では、円筒外周の既存骨から増生した板状の新生骨が、側孔を通り、円筒内に侵入している。この新生骨は、円筒内の移植骨と一体となっている。またこの新生骨は、インプラント側壁を取り囲む線維性結合組織へ移行し、インプラント金属は結合組織に被包されている（図2-E）。

インプラント先端部は、インプラント体部と同様に線維性結合組織で被包され、外層の粗性線維性結合組織の一部は既存骨へ侵入している。

インプラント円筒内における移植骨は、側孔部及び円筒底部より侵入した新生骨と癒合し、太い網状の骨梁像を形成し、円筒外既存骨と同様な像を示している。

円筒天蓋部においては、移植骨片が残存しており、その一部は線維性結合組織に被覆され、これ等の線維性結合組織は側孔より侵入した新生骨へ連続している。

2. 挿入後6カ月

頭部は、挿入後3カ月と同様に歯肉溝が形成されており、また上皮の深部増殖はみられない。

インプラント体部では、挿入後3カ月でみられた線維性結合組織の厚い層は非薄となり、インプラント体部全体にわたることなく、限局している。また多くの部位では新生骨がインプラント体部金属と直接に接しており、結合組織の層が介在することは少ない（図3-E）。

側孔部では、円筒外周の既存骨より増生した新生骨が、側孔を通り円筒内に侵入し、円筒内海綿骨と連続している。また側孔部を満たしている新生骨には、ハバース管を中心としたハバース層板がみられる。これ等の新生骨は、線維性結合組織を



図2-C：挿入後3ヵ月走査電顕像

介在することなく、直接金属と接している。円筒内に侵入した新生骨は、骨梁の太さを増し、また円筒内における海綿骨の骨梁網は、挿入後3ヵ月と比較して密になっている(図3-D)。

インプラント先端部は、金属に平行に走る非薄な線維性結合組織によって被包されている。この部の結合組織内には、比較的多くの毛細血管がみられる。

円筒天蓋部は、側孔を通り、増生した新生骨によって、ほぼ満たされているが、円筒天蓋部金属とは、線維性結合組織の厚い層を介して接している。さらに移植骨片の残存が観察された。

3. 挿入後18ヵ月

インプラント頭部の歯肉は退縮し、また歯肉溝は6ヵ月に比較して浅く、深部への上皮の増殖はみられない。

インプラント体部では、骨組織と金属が直接接しており、線維性結合組織の層が介在することはない(図4-D)。

側孔部は、円筒外周の既存骨より増生した新生骨で満たされ、線維性結合組織の介在はみられない。これ等の新生骨は、側孔を介して円筒内海綿骨に連続している(図4-E)。

円筒内は、側孔及び円筒底部を通して、増生してきたインプラント外周の海綿骨骨梁によって満たされており、挿入後6ヵ月に比較して粗となる。円筒内の海綿骨は、直接円筒内側壁に接し、線維

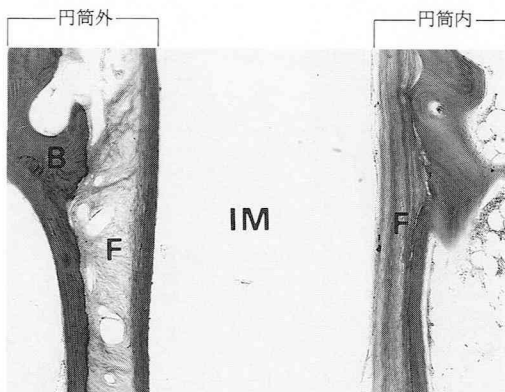


図2-D：挿入後3ヵ月 インプラント体部
IM：インプラント
F：線維性結合組織
B：骨組織

H-E染色(×20)

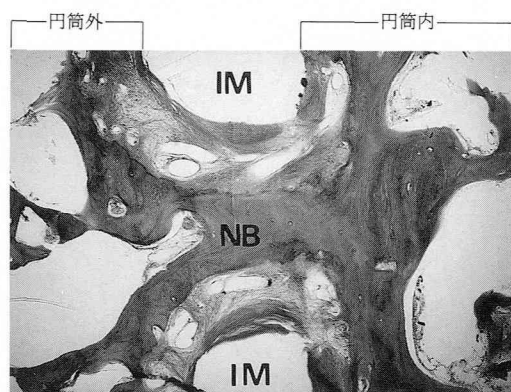


図2-E：挿入後3ヵ月 インプラント側孔部
IM：インプラント
NB：新生骨

H-E染色(×10)



図3-C：挿入後6カ月 走査電顕像

性結合組織の層が介在する事はない(図4-D)。

インプラント先端部の多くの部位は、直接骨組織と接しているが、一部には菲薄な線維性結合組織層の介在がみられる。

円筒天蓋部は、側孔部より増生した骨によって満たされ、一部で菲薄な線維性結合組織の層がみられる。さらに移植骨片の残存も観察された。

走査電子顕微鏡による観察

1. 挿入後3ヵ月

円筒外周の既存骨より増生した新生骨が、側孔や円筒底部を通り、円筒内移植骨と癒合し、海綿骨骨梁を形成している。

側孔部では、新生骨梁は肥厚し、板状にみえる。円筒内に残存する移植骨片は、網状に広がる新生骨と癒合している。

円筒天蓋部では、壊死した移植骨片が多く残存し、さらに、これ等は結合組織に包まれている。

インプラント金属は、厚い結合組織で被覆され、この結合組織層は、インプラント下端や側壁では厚く、側孔部では薄い(図2-C)。

2. 挿入後6ヵ月

円筒外周から側孔を通り、円筒内に侵入する骨梁は太く、板状を示し、皮骨と類似した様相を呈する。この新生骨は、円筒内に侵入すると網状に広がり、円筒内の移植骨と癒合する。

インプラント金属を被覆する結合組織層は、挿入後3ヵ月と比較して菲薄となる。荷重が少ない

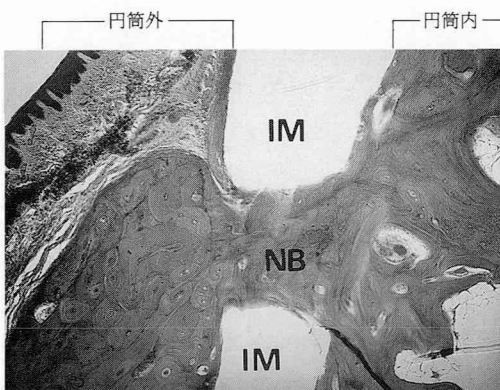


図3-D：挿入後6カ月 インプラント側孔部
IM：インプラント
NB：新生骨

H-E染色(×10)

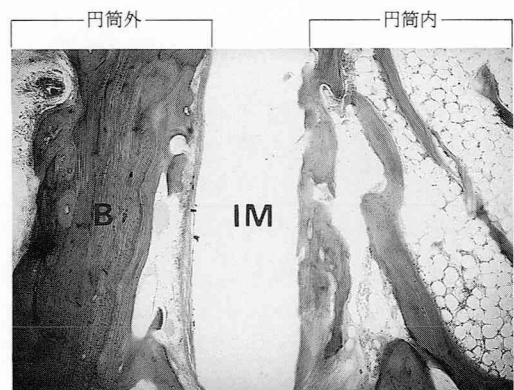


図3-E：挿入後6カ月 インプラント体部
IM：インプラント
B：骨組織

H-E染色(×10)

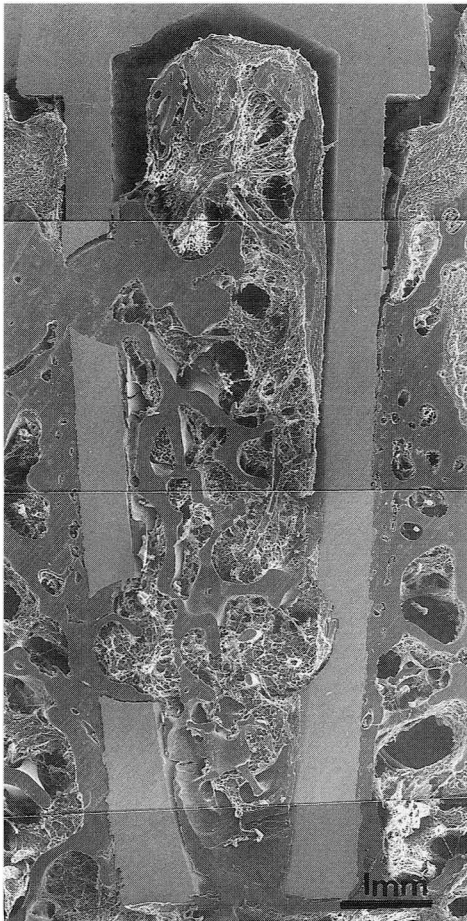


図4-C：挿入後18ヵ月 走査電顕像

と考えられる部位では、結合組織はみられず、骨組織と金属は接している。しかし頸部や下端部で、強い荷重が加わると考えられる部位では、結合組織がみられる（図3-C）。

3. 挿入後18ヵ月

円筒内は、緻密な網状の配列をなした海綿骨で満たされている。円筒内を満たす海綿骨骨梁は、円筒外周の海綿骨梁と比較して細く、配列も緻密である。

円筒外側、内側には円筒の長軸に沿い、金属に接する菲薄な板状の骨梁がみられる。

円筒天蓋部には、移植骨片がみられるが、新生骨骨梁と癒合連続している。

インプラント金属周囲には、金属を被包する結合組織はみられない。直接骨組織がインプラント金属に接し、円筒下端で緻密となる（図4-C）。

XMAによる定性分析とContour map

インプラント周囲の骨組織のCa、P及びMgについてContour mapを作製し、分布状態を組成像及び定性分析と対比した。

Contour mapは各試料におけるCa、P及びMgの最大濃度から最少濃度間を濃度の高いものから順に赤>黄>緑>青として色別した。P、Mgの分布は、Caの分布と同様な分布状態となっているので、Contour mapはCa分布についてのみ図示した。

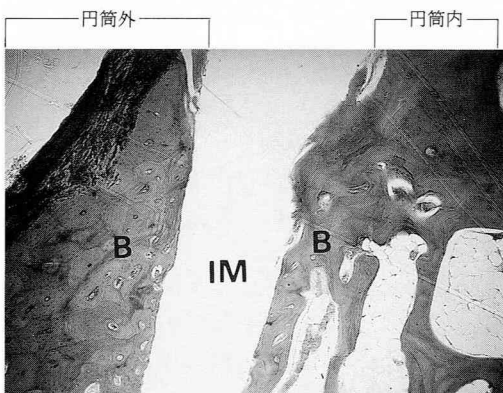


図4-D：挿入後18ヵ月 インプラント体部
IM：インプラント
B：骨組織

H-E染色（×10）

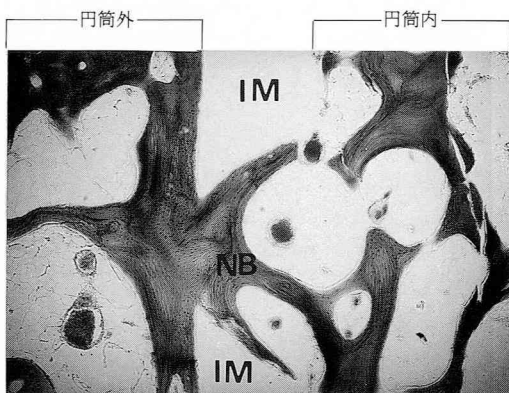


図4-E：挿入後18ヵ月 インプラント側孔部
IM：インプラント
NB：新生骨

H-E染色（×20）

表 1-A：定性分析表

Ca (wt%)	インプラント側孔部			インプラント円筒底部		
	既存骨 point 1	新生骨 point 2	移植骨 point 3	既存骨 point 4	新生骨 point 5	移植骨 point 6
挿入後 3 ヶ月	26	20~22	22~24	24~26	20~22	22~24
6 ヶ月	32~34	30~32	30~32	34以上	30~34	28~32
18 ヶ月	31~33	31~33				

表 1-B：定性分析表

P (wt%)	インプラント側孔部			インプラント円筒底部		
	既存骨 point 1	新生骨 point 2	移植骨 point 3	既存骨 point 4	新生骨 point 5	移植骨 point 6
挿入後 3 ヶ月	10~14	8~10	10~14	6~8	8~12	8~12
6 ヶ月	10~12	10~12	8~10	8~10	6~10	6~8
18 ヶ月	9~13	9~13				

表 1-C：定性分析表

Mg (wt%)	インプラント側孔部			インプラント円筒底部		
	既存骨 point 1	新生骨 point 2	移植骨 point 3	既存骨 point 4	新生骨 point 5	移植骨 point 6
挿入後 3 ヶ月	0.2~0.25	0.1~0.15	0.2~0.25	0.2~0.25	0.15~0.2	0.15~0.2
6 ヶ月	0.3~0.4	0.3~0.4	0.2~0.3	0.2~0.25	0.1~0.2	0.2~0.4
18 ヶ月	0.2~0.4	0.2~0.4				

表 1-D：定性分析表

挿入後18ヶ月

	インプラント円筒天蓋部	
	新生骨 point 7	移植骨 point 8
Ca (wt%)	30~34	28
P (wt%)	9~11	7~9
Mg (wt%)	0.2~0.4	

1. 挿入後3ヵ月

側孔部付近の Ca 分布状態をみると、インプラント外周の既存骨は、Ca 分布量が多く、含有量は 26wt%以上である(表 1-A)(表 2-A)(図 2-F)(図 2-G, H)。

円筒内の新生骨と考えられる部分は、Ca 分布量は少なく、20~22 wt%である(表 1-A)(表 2-B)(図 2-F)(図 2-G, H)。

円筒内でハバース管や層板がみられず、移植骨と考えられる部分では、既存骨よりも、Ca 分布量は少なく、22~24wt%である(表 1-A)(表 2-C)(図 2-F)(図 2-G, H)。

P 及び Mg の側孔部における分布状態は、表 1

B, C に示すように Ca と同様の分布状態を示した。

インプラント下端部周囲の海綿骨梁の Ca 量は多く、24~26 wt%である(表 1-A)(表 2-D)(図 2-F)(図 2-I, J)。

円筒底を通り、円筒内に増生侵入する新生骨の Ca 量は少なく、20~22 wt%である(表 1-A)(表 2-E)(図 2-F)(図 2-I, J)。

組成で、ハバース管や層板がなく、無構造にみえる移植骨は、Ca 量は新生骨よりやや多く、22~24 wt%である(表 1-A)(表 2-F)(図 2-F)(図 2-I, J)。

2. 挿入後6ヵ月



図2-F：挿入後3カ月の組成像

側孔部付近のCa分布状態をみると、インプラント外周の既存骨は、Ca量は多く、32~34 wt%である(表1-A)(表3-A)(図3-F)(図3-G, H)。

組成像で、層板やハバース管のみられる、新生骨の部では、既存の皮骨よりCa分布量は少ないが、移植骨より多く、30~32 wt%である(表1-A)(表3-B)(図3-F)(図3-G, H)。

円筒内に散在する移植骨で、組成像で無構造な部分では、Ca分布量は、30~32 wt%である(表1-A)(表3-C)(図3-F)(図3-G, H)。

インプラント下端部付近のCa分布状態をみると、既存の下顎骨皮骨は34 wt%以上である(図1

表2 A~C：挿入後3カ月の側孔部定性分析

P-1：既存骨、P-2：新生骨、P-3：移植骨

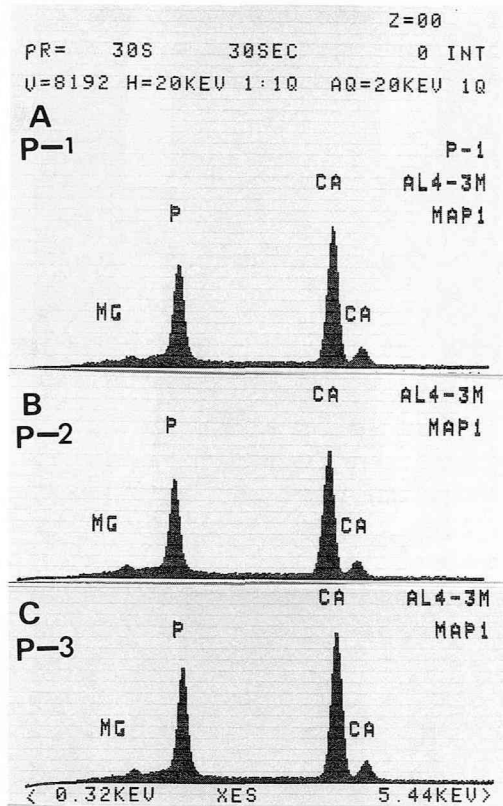
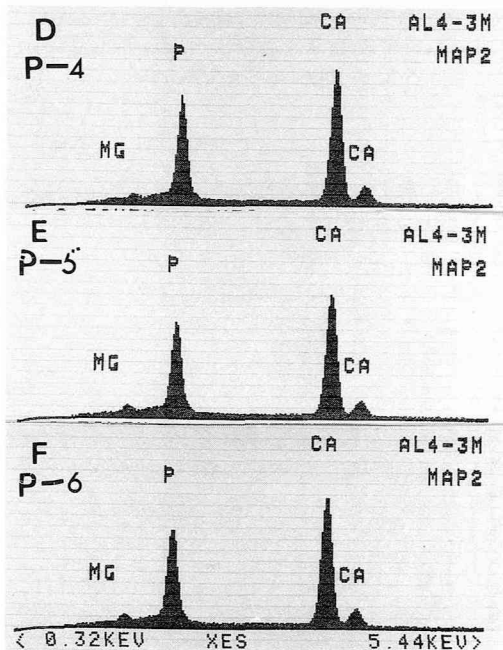


表2 D~F：挿入後3カ月の円筒底部定性分析

P-4：既存骨、P-5：新生骨、P-6：移植骨



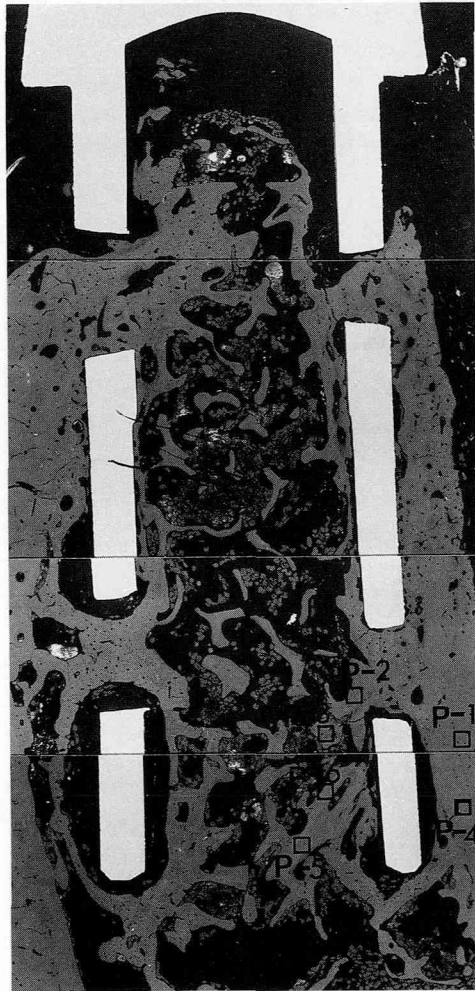


図3-F：挿入後6カ月の組成像

-A) (表3-D) (図3-F) (図3-I, J).

インプラントを囲む新生骨のCa量は、30~34 wt%である(図1-A) (表3-E) (図13) (図3-I, J).

円筒内にみられる移植骨梁のCa分布量は少なく、28~32 wt%である(図1-A) (表3-F) (図3-F) (図3-I, J).

3. 挿入後18カ月

側孔部付近のCa分布状態をみると、インプラント外周の既存骨と、側孔を通り、円筒内で海綿骨骨梁をつくる新生骨では、一様なCa分布量を示し、31~33 wt%である(表1-A) (表4 A, B) (図4-F) (図4-G, H).

円筒天蓋部のCa分布状態についてみると、新生

表3 A~C：挿入後6カ月の側孔部定性分析
P-1：既存骨、P-2：新生骨、P-3：移植骨

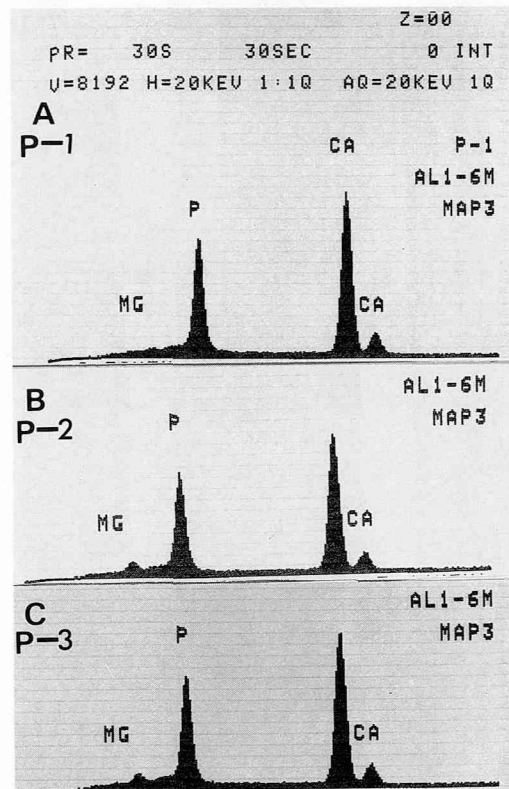


表3 D~F：挿入後6カ月の円筒底部定性分析
P-1：既存骨、P-2：新生骨、P-3：移植骨

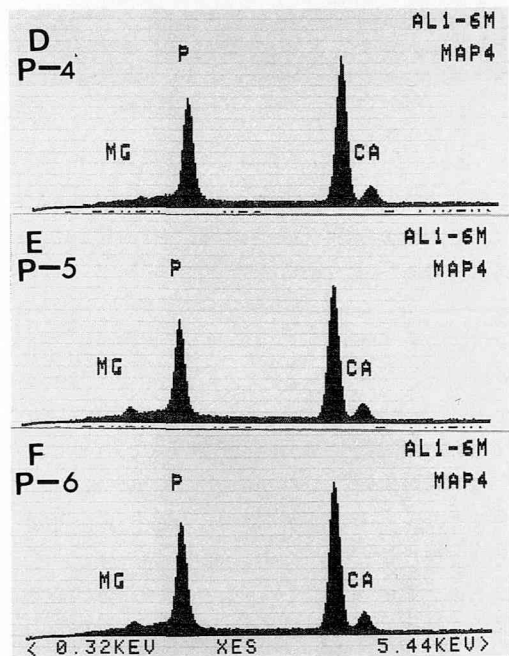




図4-F：挿入後18カ月の組成像

骨の部分では、Ca 分布量は30~34 wt%である(表1-D)(表4C)(図4-F)(図4-I, J)。

残留移植骨片では、Ca 分布量は少なく、28 wt%である(表1-D)(表4D)(図4-F)(図4-I, J)。

PやMgの分布もCaと同様に、分布量は一律であり、インプラント体部、側孔部における既存骨と新生骨では差はみられない。

円筒天蓋部におけるPの分布量は、新生骨では9 wt%から11 wt%であり、移植骨片では7 wt%から9 wt%である。

Mgの分布量は新生骨や移植骨で一律である(表1-B, C, D)。

表4 A, B：挿入後18カ月の側孔部定性分析
P-1：既存骨, P-2：新生骨

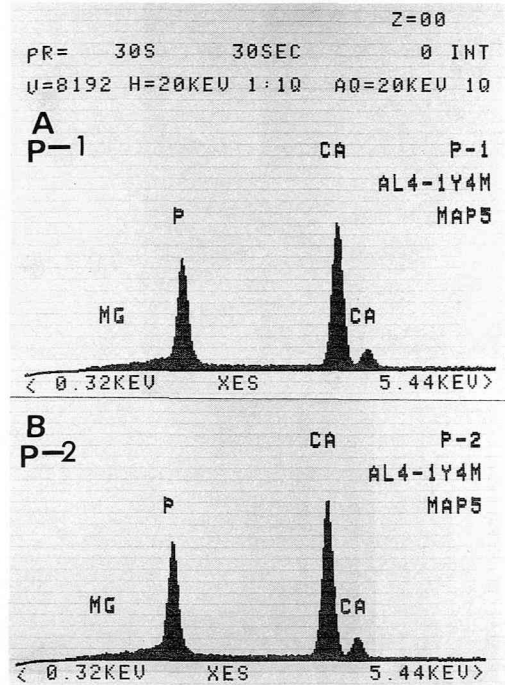
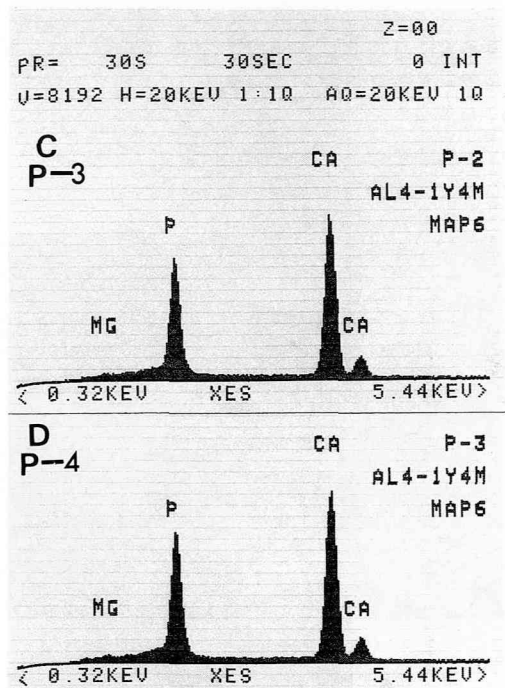


表4 C, D：挿入後18カ月の円筒天蓋部定性分析
P-3：新生骨, P-4：移植骨



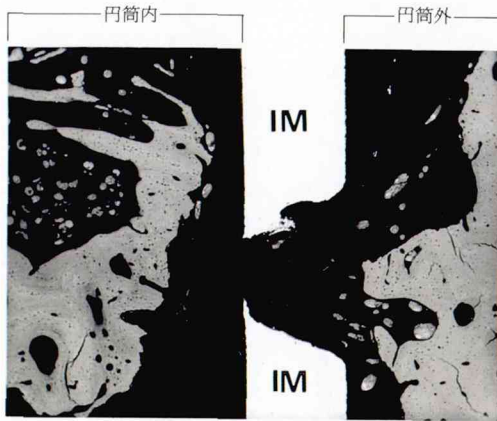


図 2-G：挿入後 3 カ月 側孔部組成像

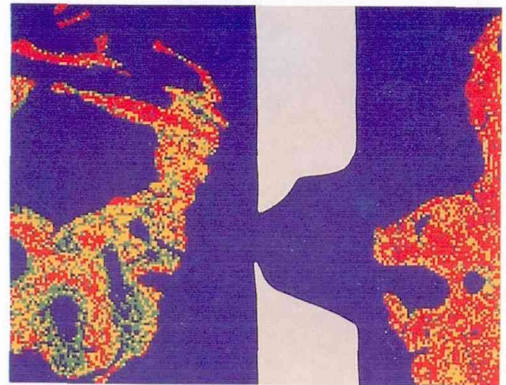


図 2-H：挿入後 3 カ月 側孔部 Ca 濃度分布
Contour map

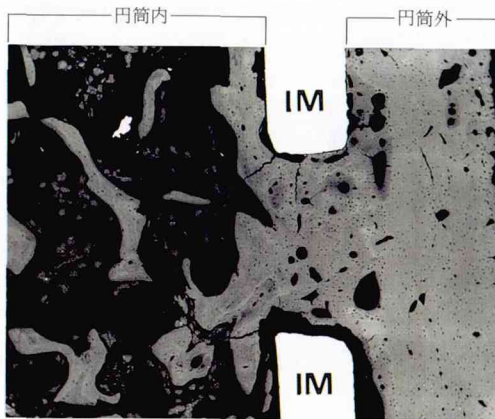


図 3-G：挿入後 6 カ月 側孔部組成像

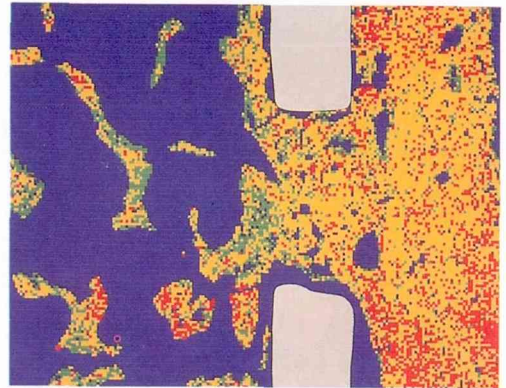


図 3-H：挿入後 6 カ月 側孔部 Ca 濃度分布
Contour map

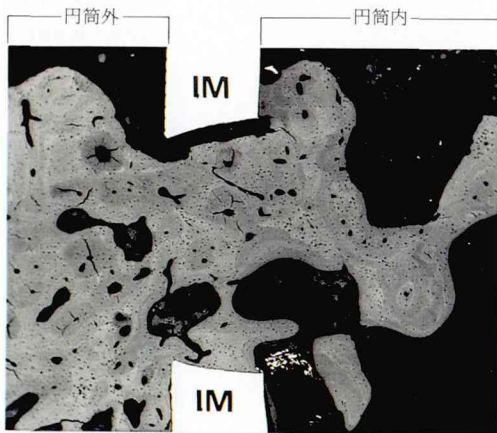


図 4-G：挿入後 18 カ月 側孔部組成像
IM：インプラント

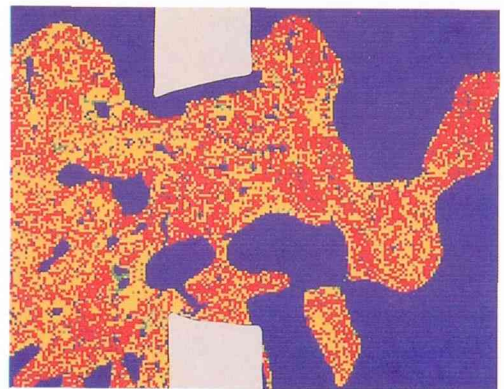


図 4-H：挿入後 18 カ月 側孔部 Ca 濃度分布
Contour map

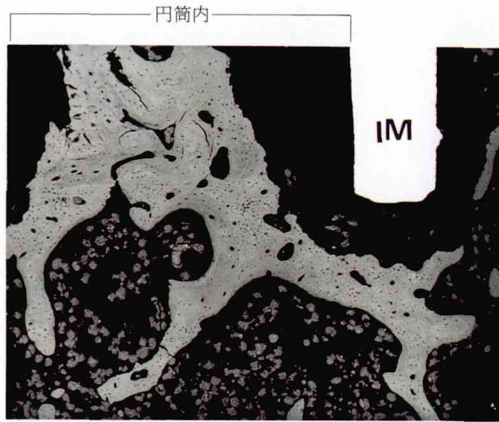


図 2-I : 挿入後 3 カ月 円筒底部組成像

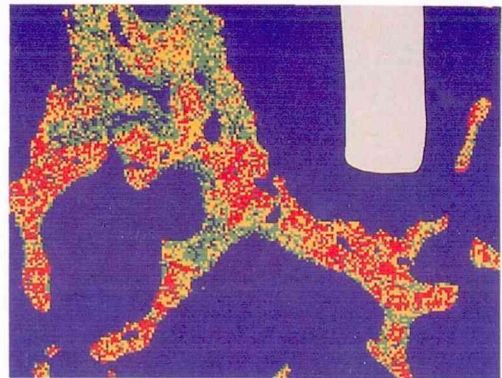


図 2-J : 挿入後 3 カ月 円筒底部 Ca 濃度分布 Contour map

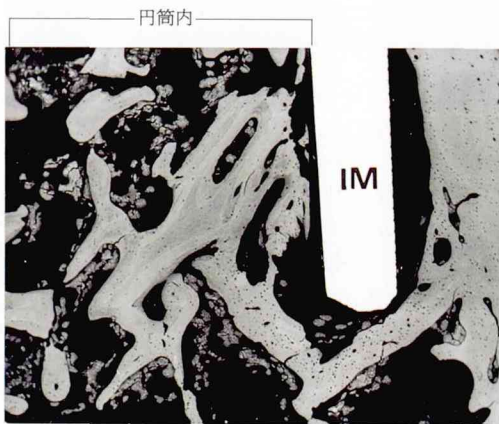


図 3-I : 挿入後 6 カ月 円筒底部組成像

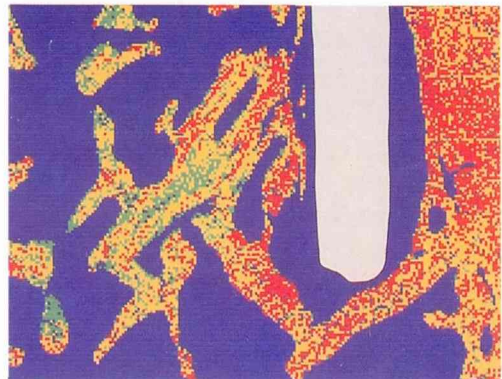


図 3-J : 挿入後 6 カ月 円筒底部 Ca 濃度分布 Contour map



図 4-I : 挿入後 18 カ月 円筒天蓋部組成像
IM : インプラント

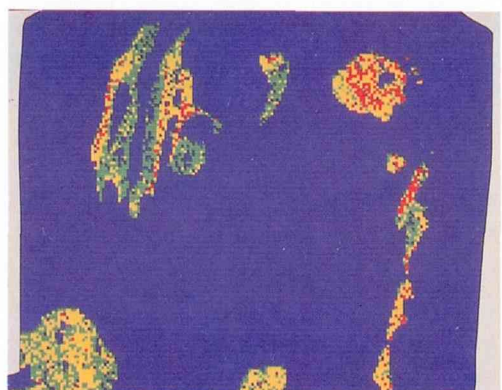


図 4-J : 挿入後 18 カ月 円筒天蓋部 Ca 濃度分布 Contour map

考 察

1970年に, Linkow と Chercheve により, blade type implant の一種が考案され, 臨床に使用されている¹⁾. この様な blade type implant の周囲組織については, 懸田(1969)²⁵⁾, Armitage(1971)²⁶⁾, Babbush(1972)²⁷⁾, 中島(1976)²⁸⁾, 市川(1977)²⁹⁾, Brunski(1979)³⁰⁾, 村松(1982)³¹⁾, 粕谷(1981)³²⁾等によって観察がなされ, また Richards(1974)³³⁾等は, インプラント周囲の線維はインプラント表面に走ると共に, その多くは, シャービー線維として周囲骨基質内に入ると述べている.

インプラントと周囲骨の間にみられる線維性結合組織は, peri-implant membrane といわれるが, 中島²⁸⁾は, これを, 線維がインプラントに平行に走る外層と, 線維が複雑に交錯して走り, 一端が骨内に入る内層とに分けている. 粕谷³²⁾は, インプラント側で, 線維束が密にインプラント表面に平行に走るのに対して, 骨側の線維は疎で不規則に走り, 一部はシャービー線維となって, 骨内に侵入している. この様相は, James³⁴⁾, Richards³³⁾や懸田²⁵⁾の観察と一致していると報告している.

著者の実験に於ても, 骨組織と金属の間には, 線維性結合組織が観察され, 円筒外周から, 側孔を通り, 線維性結合組織が円筒内に入り, インプラント金属を被包する様相を呈した. この線維性結合組織は, 線維がインプラント表面に平行に走る層と, 骨側の線維が網状に走る2層がみられ, 通常金属インプラントのものと同じ様相を示した. この結合組織に誘導されるように, 骨組織が増生し, インプラントは新生骨にとり囲まれ, 骨内に固定される. Co-Cr 合金素材のブレードインプラントを下顎骨内に挿入した中島²⁸⁾(1976)の実験では, 挿入後70日までに, インプラントは新生骨で被われると述べられている.

Armitage (1971)²⁶⁾は, インプラント挿入後1週間で底部より骨の新生を認め, Natiella は, 挿入後2~3週で, インプラントショルダー上に骨の新生が認められると報告している.

Bubbush (1972)²⁷⁾と Linkow (1973)³⁵⁾の報告には, 約1カ月で vent 内に新生骨がみられると述べられている.

市川(1977)²⁹⁾は, 挿入後3週でブレード下半分や vent 部に旺盛な骨新生がみられ, 6週でショル

ダー上部は新生骨で被われ, 約3カ月になると, 新旧骨の境界は不明瞭になると述べている.

microradiography 及び T. C labeling 法による粕谷(1981)³²⁾の観察では, インプラント挿入後14日で骨新生は開始され, 約30日で, 新生骨梁は太く緻密となり, 約90日で石灰化度は増し, 既存骨と区別出来なくなるとされている.

赤川 (1984)³⁶⁾のサファイヤ, チタンと Co-Cr 合金を, ラット脛骨に挿入した実験では, 挿入後14日で骨の新生が開始され, 84日になると, 総ての材料で, 新生骨は完全に成熟し, 層状構造を呈すると報告されている.

長年にわたるインプラントの基礎的研究及び臨床症例において, インプラント周囲骨組織の有効利用によるインプラントの固定と保持, 応力の分散及び生物学的組織親和性などの問題が検討されてきた^{1,13-16,25-44)}.

著者の実験では, 初期からインプラントの強固な固定が得られたこと, インプラントと新生骨が密接することから, Schroeder 等と同じ結果が得られたと考えられる.

Schroeder 等は, インプラント挿入時に, 輪状溝の形成を行い, 骨切削量を少なくしている. この方法は, 初期固定が良く, 側孔よりの骨の貫通により固定植立が強固となり優位である. しかし, 円筒型のインプラントに適合の良い輪状溝を形成することは可成り難しく, 高度の技術が要求される.

先に著者等 (1982)¹⁵⁾は, titanium 素材の側壁に径1 mm の側孔を数個開けた円筒内に, 自家海綿骨を充填し, この試料をイヌ下顎骨内に埋入させ, 試料周囲の骨の状態について観察した. この結果では, 術後3カ月で, 外周皮骨の新生がみられ, 術後6カ月で側孔より新生骨梁が円筒内に増生し, 術後9カ月で円筒内は新生海綿骨で満たされる.

自家骨移植を併用した本実験は, 骨形成の促進と力学的支持性の獲得であり, 単純な骨槽の形成により, インプラントの挿入術式の簡素化が計れると共に, 挿入時の適合性を高める事が可能となる. しかし, 切削量が多く, 挿入後の治癒促進を計り, インプラントが早期に顎骨内に安定した植立を得るには, 円筒内に骨組織を存在させる必要がある¹⁶⁾.

自家移植海綿骨では、骨髓腔や骨内膜に多くの細胞が残っており、これが骨形成細胞の供給源となる。これら細胞は、移植母床からの組織液の浸透により生活して、骨形成細胞の供給に関与する。移植海綿骨が母床からの新生骨と癒合するのは、骨誘導と骨伝導の相互作用によるものである¹⁸⁾。移植骨周囲の血球性壊死組織は、約1週間で大食細胞によって除去される。約2週で母床から増殖する結合組織により微小循環が再開され、骨形成細胞の増殖と破骨細胞の形成がなされる。移植骨骨梁の表面にある骨芽細胞により、骨形成添加が早急に行われる。移植骨の壊死骨梁は骨形成と共に吸収され、その骨にかかる機能的骨梁のリモデリングが起こる^{18,46)}。

Kreuz (1951)⁴⁷⁾は同種骨移植部の治療経過を第1期：内外骨膜による反応性骨形成
第2期：血管再構築期
第3期：血管周囲骨形成期
第4期：添加的骨形成期の4期に分けて示している。この実験では、治療は新鮮自家骨が最も速いと報告している。

杉岡(1983)⁴⁸⁾は凍結乾燥同種骨移植では、移植骨基質内の血管の進入と共に、母床側よりの未熟な間葉系細胞から骨形成細胞が誘導される。この骨形成細胞により添加性骨形成がなされ、移植骨は吸収されて、新生骨に置換すると述べている。

杉山(1952)⁴⁹⁾は海綿骨移植では、移植骨周囲及び骨髓腔内の結合組織から骨芽細胞が生じ、骨新生が行われると述べている。

本実験では、有孔円筒型インプラントの側孔及び円筒底部を通り外周の結合組織が円筒内に侵入し、移植骨の結合組織と癒合する。その後新生骨が円筒内に侵入し、移植海綿骨と癒合する所見が多くみられた。このことから、移植海綿骨の骨髓腔内の結合組織も骨形成に関与していると思われるが、それにも増して、インプラント外周から側孔を通して円筒内に侵入する結合組織が骨形成に大きな役割を持つものと考えられる。

骨移植の骨形成経過をみると、岡野(1981)²⁰⁾、栗原(1985)⁵⁰⁾は術後1週から2週で新生骨が母床側より開始され、術後4週で、母床骨と移植骨の骨性連絡はなされ、術後24週で骨形成は完成すると報告している。

工藤(1977)¹⁷⁾は移植骨と母床骨の骨性癒合は約

90日でみられ、機能的骨質改造は1年を要したと報告している。

本実験での観察は、術後3カ月よりの観察であった為、それ以前の状態は観察されていない。これによると、新生骨の円筒内への侵入は、術後3カ月でみられ、術後6カ月で移植骨骨梁と新生骨の癒合がみられる。インプラント外周の骨梁と円筒内の骨梁が同様の状態を示したのは術後18カ月であった。

骨組織の治療及び機能的骨改造が、他の報告より遅延したことは、円筒内に移植骨が存在し、母床骨との交通は円筒底及び側孔よりであり、狭い範囲の移植骨と母床骨との接触であったためと考えられる。

骨組織の新生、改造についてのXMAによる元素分析の結果は非常に少ない^{20,51)}。

Wergedal等(1974)⁵²⁾はラット脛骨で、骨膜性仮骨によるCa, P, Mg及びS元素のXMA分析を行っている。これによると、Ca, Pの沈着はきわめて早期に行われ、この時期にはSは減少する。Ca/P比は石灰化が完了するまで上昇し、石灰化が完了した時期ではCa/P比は1.60に達する。またMgの濃度は、Ca及びPと同様に上昇するが、最終的にはCa及びPより早期に達すると述べている。

岡野(1981)²⁰⁾は、新鮮自家腸骨移植の実験では、比較的初期に母床骨の外側面及び断端、移植骨の外側面及び骨髓腔壁などから、S元素の濃度上昇がみられ、Ca及びP元素の出現に従って減少する。術後12週ないし24週では、Ca, P及びMg元素濃度は、移植骨部と母床骨は、ほぼ同様の程度を示したと報告している。

本実験のCa, P及びMg元素のXMAにて面分析を行いContour mapを作成してみると、術後3カ月においては、インプラント外周の母床骨及び移植骨の骨基質内では、Ca, P, Mg元素ともに多いが、側孔部や同筒底部の新生骨ではCa, P, Mgの分布量は非常に少ない。術後6カ月になると、新生骨のCa, P, Mg元素の分布量は母床側より増し、逆に移植骨部では減少する。術後18カ月では、母床既存骨と円筒内の新生海綿骨骨梁との間に、Ca, P, Mg元素の分布量は差がみられなくなる。この結果から、母床側から新生骨が増生し、石灰化度が増す。一方移植骨は脱灰されつつ

吸収され、添加的骨増生により、新生骨に置き換えられるものと考えられる。この結果は岡野(1981)²⁰⁾のXMAによる分布とはほぼ同様な結果が得られたと思われる。

結 論

インプラント周囲組織の治癒促進を計る目的で、有孔円筒型インプラントに自家骨移植を併用した本実験を行い、側孔部、円筒底部、円筒天蓋部等の組織的検討を加え、次の様な結論を得た。

1. インプラント頸部では、挿入後3カ月で漏斗状の吸収像がみられ、この部で歯肉溝の形成、歯肉上皮の侵入が観察された。また歯肉溝底部では、粘膜固有層によって密に接していた。挿入後6カ月を経過すると、更に歯肉上皮は深部への増殖が進み、歯肉溝を形成していた。挿入後18カ月では、頸部の歯肉は退縮し、上皮の深部への増殖と歯肉溝底の位置は6カ月と同様であった。

2. インプラント側壁部では、挿入後3カ月でインプラント金属は、やや厚い線維性結合組織によって被覆されていたが、挿入後6カ月を経過すると、結合組織層は菲薄となり、一部で骨組織と直接接する部位もみられた。更に18カ月を経過すると、結合組織はみられず、骨組織が密接していた。

3. 側孔部では、既存骨より増生した新生骨は、板状の状態を呈し、側孔を通り円筒内移植骨と接していた。この新生骨は、直接金属と接する事なく、側孔部は線維性結合組織によって被覆されていた。挿入後6カ月を経過すると、これ等の新生骨は側孔を満たし、結合組織の介在はみられなかった。挿入後18カ月においても、6カ月と同様の像であった。

4. インプラント円筒内では、挿入後3カ月で、移植骨は側孔及び円筒底部より増生した新生骨と癒合し、太い網状の骨梁像を呈していた。挿入後6カ月を経過すると、円筒内における海綿骨骨梁網は密となった。更に挿入後18カ月を経過すると粗な海綿骨骨梁網を形成していた。

5. 円筒底部では、挿入後3カ月で、側壁部と同様に、厚い線維性結合組織で被覆されているが、挿入後6カ月を経過すると菲薄な線維性結合組織層となり、18カ月では、一部に結合組織の介在がみられるが、多くの部位は直接骨組織と接してい

た。

6. 円筒天蓋部では、挿入後3カ月で、移植骨片がみられ、側孔を介して増生した新生骨と連続していた。またその一部は、線維性結合組織によって被覆されており、挿入後6カ月においても同様の像を呈していた。挿入後18カ月を経過すると、一部に線維性結合組織の層がみられるが、新生骨によって満たされていた。しかし、移植骨片の残存も観察された。

7. 既存骨、新生骨及び移植骨骨基質内のCa, P, Mg分布量は、側孔部及び円筒底部で、挿入後3カ月では、新生骨は既存骨に比較して少なく、挿入後6カ月を経過して、新生骨はわずかに低い分布量を呈した。挿入後18カ月を経過すると、新生骨と既存骨のCa, P, Mgの分布量に差はみられなかった。

円筒天蓋部における新生骨のCa, P, Mgの分布量は、挿入後18カ月を経過して、側孔部や円筒底部と同様の状態を呈し、他の部位と比較して、既存骨と同様の分布量を呈するのは遅れた。

以上の事から、有孔円筒型骨内インプラントは顎骨内において安定し、強固に固定された状態を呈した。しかし円筒天蓋部における骨新生は遅れ、移植骨は壊死の状態を示した。これは、この部位が外部からの交通域が狭く、血管の新生、侵入がみられず、血液及び組織液の供給がなされないためと考えられる。即ち円筒天蓋部を閉鎖された状態下においた組織学的変化は、孔をもうけ交通域を広げた場合と比較して、骨の新生は遅れ、また完全に円筒天蓋部を満たす事はない。

文 献

- 1) Linkow, L. I and Chercheve, R. (1970) Theories and Techniques of Oral Implantology 1, 81-133. C. V. Mosby Co., St. Louis.
- 2) Ernst-Helmut Pruin. (1975) Implantations Kurs in der Odonto-Stomatologie 11-32. Die Quintessenz, Berlin.
- 3) Charles A. Babbush (1980) 骨内ブレードベントインプラント. The Dental clinics of North America, 24: 491-512.
- 4) 福与碩夫, 佐野晴光 (1971) Endosseous implant blade-vent. 歯界展望, 38: 827-836.
- 5) Maurica J. Fagan, Jr., (1980) 骨内スタビライザーインプラント The Dental clinics of North America, 24: 562-583.

- 6) A. N. Cranin., (1980) アンカー型骨内インプラント The Dental clinics of North America, 24: 585—601.
- 7) Paul A. Schnitman, Leonard B. Shulman (1980) ガラス質炭素インプラント The Dental clinics of North America, 24: 513—537.
- 8) John N. Kent., Jack C. Bokros. (1980) 気相熱分解炭素および炭素被覆金属歯科インプラント The Dental clinics of North America, 24: 539—561.
- 9) 山上哲賢, 川原春幸 (1983) Al₂O₃単結晶体 (バイオセラム) インプラントの各種デザインと臨床応用. 補綴臨床, 16: 20—28.
- 10) 倉地洋一, 榎本昭二 (1983) セラミックインプラントの実際—アルミナセラミック系人工歯根に関する実験的研究—, 19—29, クインテッセンス, Tokyo.
- 11) Alec Roland Taylor (1970) Endosseous Dental Implants—The Implant: Design—17—28, 29—39, Butterworths, London.
- 12) Schroeder, A., Pohler, O., Sutter, F., (1976) Gewebestreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan—Spritzschicht to berflache. Schweiz. Mschv. Zahnheik. 86: 713.
- 13) D. L. Cross., A. Baumhammers, C. A. Guarlotti, P. F. Ruskin and J. A. Molinari (1974) Healed bone over and through three month old size-graded bladevent implants. Periodontol. 45: 536—546.
- 14) Pasqualini, U. (1962) Reperti anatomopatologici e deduzioni clinico chirurgiche de 91 impianti alloplastici in 28 animali da esperimento, Riv. Ital. Stomat. 12 December. (Linkow, L. and Chercheve, R. (1970) p. 125—127 より転載)
- 15) 重浦英正, 青久昭, 鈴木和夫 (1982) インプラントと骨移植を併用した骨内インプラントの実験的研究 第1報. Dental Implant, 7: 26—33
- 16) 重浦英正, 青久昭, 吉沢英樹, 鈴木和夫 (1983) インプラントと骨移植を併用した骨内インプラントの実験的研究 第2報. Dental Implant, 8: 18—25.
- 17) 工藤啓吾 (1970) 下顎部における自家腸骨移植の実験的研究—とくに幼犬と成犬の比較について—岩手医学雑誌, 22: 226—252.
- 18) 須田立雄, 小澤英浩, 高橋栄明 (1985) 骨の科学, 30—70, 110—150, 180—197, 222—229, 医歯薬出版, 東京.
- 19) 千葉良 (1982) 移植骨の着床に関する研究—自家骨移植面における骨皮質と海綿質骨梁との関係が着床に及ぼす影響についてのマイクロラジオグラフィ法による検索—日本歯学, 56: 72—84.
- 20) 岡野昌治 (1981) 下顎骨部への新鮮自家腸骨移植の治癒経過に関する実験的研究. 歯科学報, 81: 485—510.
- 21) 長内幸一 (1981) 骨髄を含む海綿骨梁移植の実験的研究. 歯科学報, 81: 875—887.
- 22) 黒田雅仁 (1983) 下顎骨欠損への骨髄を含む海綿骨梁移植における骨新生と骨再構築機転に関する実験的研究. 歯科学報, 83: 683—701.
- 23) 大森清弘, 野間弘康, 岩本昌平, 柿沢卓, 山根源之, 福武公雄 (1979) 腸骨骨髄および海綿骨梁採取の1方法. 日本口腔外科学会雑誌, 25: 241—245.
- 24) Morton L. Perel (1977) Endosteal Blade Implants. Clinical Dentistry, 4: chap 51.
- 25) Kaketa, T. and Suzuki, K. (1969) Histopathological findings on endo-osseous implants in dogs—immediate implant method—Bull. Tokyo Dental Coll. 10: 61—70.
- 26) 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: 558—568.
- 27) Babbush, C. A.; (1972) Endosseous Blade-Vent Implants. a Research Review J. Oral Surg., 30: 168—175.
- 28) 中島和範 (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. 九州歯学会誌, 29: 771—787.
- 29) 市川邦弘 (1977) ブレードインプラント挿入にともなう組織変化に関する実験的研究. 歯科医学, 40: 196—218.
- 30) 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. 58: 1953—1969.
- 31) 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.
- 32) 粕谷健次 (1981) Microradiography, Tlabeling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. 日本歯学, 55: 372—385.
- 33) Richards L. W., Gourley I. M. and Cordy D. R. (1974) Titanium endosteal dental implants in the mandibles of dogs: Preliminary Studies. J. Prost. Dent. 31: 198—203.
- 34) James R. A. (1980) インプラントネック周囲の問題点. The Dental clinics of North America 24, No 3, 483—489.
- 35) Linkow, L. I., Glassman, P. E. and Asnis, S. T.

- (1973) Macroscopic and microscopic studies of endosteal blade vent implants (six month dog study). *J. Oral Implantol.* **3**: 289-309.
- 36) 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: The Quintessence 別冊, 「骨内インプラントの限界と可能性」, 67-77. クインテッセンス出版, 東京.
- 37) Tesk, J. A. and Widera, O. (1973) Stress Distribution in Bone Arising from Loading on Endosteal Dental Implants. *J. Biomed. Mater. Res. Symposium*, **4**: 251-261.
- 38) 高橋充, 松山栄三, 三宅康史, 神野明彦, 村松力, 鈴木和夫, 市川康明, 川本眺万, 福与碩夫, 西連寺永康 (1982) 有限要素法を使用したブレードベント型インプラントの理想的形態について第1編, 第2編. *Dental Implant*, **7**: No 1, 9-17, 18-25.
- 39) Widera, G. E. O., Tesk J. A. and Privitzer E. (1976) Interaction Effects Among Cortical Bone, Cancellous Bone, and Periodontal Membrane of Natural Teeth and Implants. *J. Biomed. Mater. Res. Symposium* **7**: 613-623.
- 40) 榎本昭二 (1981) 口腔外科におけるバイオマテリアル—硬組織代用生体材料—日本歯科医師会雑誌, **34**: 14-246~19-251.
- 41) 川原春幸, 中村正昭 (1978) 材料と生体の界面(1) 生体側からみた材料—組織界面の諸現象. *化学総説*, **21**: 13-34.
- 42) 三浦維四, 浜中人士 (1978) 硬組織代替材料(1) —金属材料. *化学総説*, **21**: 85-96.
- 43) 加藤一男, 青木秀希 (1978) 硬組織代替材料(3) —無機材料. *化学総説*, **21**: 111-122.
- 44) 加藤一男, 青木秀希 (1980) 生体とセラミックスセラミックス, **15**: 418-426.
- 45) 鈴木和夫 (1981): セラミックス被覆インプラント—インプラントと周囲組織について—*J. Dental Engineering*, **81**: 28-33.
- 46) 江口吾朗 (1976) 再生現象—脊椎動物の場合—代謝, **13**: 183-193.
- 47) Krevz, F. P., Hyatt, G. W., Turner, T. C., and Bassett, A. L. (1951) The preservation and clinical use of freeze-dried bone. *J. Bone, J. Surg.* **33-A**: 863-872.
- 48) 杉岡洋一 (1983) 細胞・組織・臓器の凍結保存・骨, *低温医学*, 1版, 209-214. 朝倉書店, 東京.
- 49) 杉山フカシ (1952) 骨膜と骨髄の骨新生並びに骨再生に関する研究. *東京府医大誌*, **51**: 27-47.
- 50) 栗原英之 (1985) 凍結乾燥同種骨の顎部移植に関する実験的研究. *歯科学報*, **85**: 633-662.
- 51) 大島仁 (1984): 走査型電子顕微鏡ならびに X 線マイクロアナライザーによる抜歯創治癒経過の観察. *歯科学報*, **84**: 621-651.
- 52) Wergedal, J. E., and David, J. B. (1974) Electron microprobe measurements of bone mineralization rate in vivo. *Amer. J. physiol.* **226**: 345-352.