過剰咬合圧がインプラント周囲組織に及ぼす 影響に関する実験的研究

九州歯科大学大学院歯学研究科歯科補綴学第1専攻(指導:豊田静夫教授)

九州歯科大学口腔病理学講座(指導:上野正康教授)

島津俊良

昭和62年2月25日受付

An Experimental Study of the Effect of Extra Occlusal Force on the Surrounding Tissue of Implants

Toshinaga Shimazu

1st Department of Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Shizuo Toyoda)

Department of Oral Pathology (Director: Prof. Masayasu Ueno)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

An experiment in dogs was undertaken to examine the effect of extra occlusal force on the surrounding tissue of apatite implants. Apatite implants were implanted in the mandible of adult dogs, and an occlusal plate with 30° mesiodistal inclination was set on the opposite maxilla. Furthermore, occlusion was elevated by 2mm at the anterior teeth, and extra lateral force was provided. The dogs were examined for eight weeks clinically and histopathologically after setting the super structure.

The results were as follows:

1. Clinically, both the experimental side (implant given extra lateral force) and the control side (semi-functioning without occlusal contacts) showed about healthy peripheral gingiva. The implants were firmly secured and no mobility was observed except in one case. The depth of pockets in the peripheral gingiva of the implants was within the range of 2-3mm in most cases, although some pockets were as 4-6mm. No changes were seen during the experiment.

2. Radiologically, both the experimental and control sides showed many instances of saucerization bone resorption at the alveolar crest. In many cases also, radiolucency of the layer bordering the implant was observed in part. Radiolucency extending to all sides was observed in several cases. However, changes such as bone resorption images were not seen during the experimental period.

3. Histopathologically, bone tissue and fibrous connective tissue were observed bordering the implant intermingled. There were many variations such as bone tissue bordering nearly in all sides and fibrous connective tissue bordering in most of the sides.

4. The fibrous connective tissue bordering the implant consisted of dense collagen

fibers running parallel to the implant surface. At the corners, there were many two-layer structures with the inner layer of dense fibers bordering the implant and the outer layer of loose fibrous connective tissue.

5. Of the cases of relatively short periods of 3 days and one week, in the cases which had only a few portions bordering bone tissue, fibers bordering the implant in the mesial corner were denser than those in the distal corner in the experimental side. In the cases which had many portions bordering bone tissue, no such tendency was observed either in the experimental or control side.

6. In the two-week cases, the cases which had many portions bordering bone tissue also had dense fibers bordering the implant in the experimental side.

7. In the four week cases, the cases which had many portions bordering bone tissue also had dense fibrous connective tissue. The degree was greater in the experimental side than in the control side, and this tendency was greater in the mesial corner than in the distal corner. Furthermore, serrated trabecula of various sizes bordered the connective tissue seen in the mesial corner of the experimental side.

8. In the 8-week cases, the bone tissue around the implant had much fatty marrow in both the experimental and control sides, and stable images were observed. Also, there was no markedness in fibrous connective tissue becoming dense.

9. In the experimental side of 4- and 8-week cases, inflammatory cellular infiltration extending into deeper regions was observed in a few cases.

Key words : *Extra occlusal force / Dog / Apatite implant / Surrounding tissue of implant*

緒 言

歯牙欠損部の咀嚼機能を回復するために、種々の材料、デザインのインプラントが開発され、数多くの基礎的実験や臨床報告が行われている。その結果、現在用いられているほとんどのインプラント材料は、骨組織との親和性がかなりあり、生理的な咬合圧を十分に受け入れることができるとされている。

近年、セラミックがインプラント材料として注目され、その中でもハイドロキシアパタイトは、成分が骨や歯の主要無機成分と類似していることから、骨組織に対する親和性が特に優れていると考えられている。青木 (1977)¹⁾、小木曾 (1978, 1983)^{2), 3)}、Denissen ら (1979)⁴⁾、Gumaer ら (1986)⁵⁾ らは、基礎的実験により、ハイドロキシアパタイトインプラントと周囲骨組織は強固に結合すると報告しており、多数の臨床例においても良好な成績をおさめている^{6), 7)}。

しかし、インプラントに装着する上部構造の咬合面形態および付与すべき理想的な咬合様式は確立されてない

8~11)。また、適切と思われる咬合を付与しても、インプラント周囲組織に有害であると一般にいわれている側方圧の発生をなくすることはできない。さらに、補綴物装着後のメンテナンスを怠れば咬合状態が変化して咬合関係の不調和が起り、咬合圧が外傷性に作用することも考えられる。そこで、上部構造とインプラントの間に弾性材料を利用して咬合圧を緩衝する方法^{7), 12)}や、インプラントと顎骨との間にしばしば認められる線維性結合織に咬合圧の緩衝を期待する考え方もある^{13), 14)}。

このようにインプラントと顎骨との適切な結合様式や咬合圧の緩衝法、あるいは付与すべき理想的な咬合様式など、未解決の部分も多い。

セラミックインプラントを用いた動物実験において、咬合圧が加わった機能下における報告はいくつかみられるが^{15~18)}、インプラント周囲組織に傷害を与えるほどの非生理的機能下での実験は、石田ら (1986)¹⁹⁾ の多結晶 ZrO_2 セラミックインプラントによるものがあるにすぎない。

インプラントの予後を考える場合、外傷性咬合によっ

て生じるインプラント周囲組織の経日的変化を明らかにすることは、重要な意味を持つものと考えられる。そこで、過剰咬合圧がインプラント周囲組織に及ぼす影響を明らかにする目的で、犬の下顎骨に植立したハイドロキシアパタイトインプラントに実験的に過剰で、しかも側方的な咬合圧を加え、経日的に臨床的観察を行うとともに、病理組織学的に検索した結果、知見を得たので報告する。

実験材料および方法

I. 実験材料

A. インプラント材料

実験用インプラント材料としては、旭光学社製ハイドロキシアパタイトセラミック・インプラント“アパセラム”（直径5.0～6.5mm、長さ11.0～16.0mm）を用いた。

B. 実験動物

実験動物には、体重15～23kgの雑種成犬9頭を用いた。それらを1～2週間飼育して環境に適應させたのち実験に供した。なお、実験期間中、オリエンタル社製犬用固形飼料を与えて飼育した。

II. 実験方法

実験は、抜歯、インプラント植立、上部構造および咬合板装着の順で行い、インプラント植立後、口腔内清掃を開始した。また実験に際しては、そのつどペントバルビタールナトリウムの静脈内注射（0.4ml/kg）あるいは塩酸ケタミン（0.5ml/kg）の筋肉内注射による全身麻酔を施した。

A. 抜歯

被験部位は、インプラント植立に適した緻密骨に富む下顎両側小白歯部とし、第3、第4小白歯を抜去した。

抜歯に際しては、周囲組織をできるだけ損傷しないよう注意し、感染防止の目的から、抜歯後3日間は筋肉内注射により抗生物質を投与した。

B. インプラント植立

抜歯後3カ月目に通法に従いインプラントを片顎に2本ずつ植立した。

まず、口腔内を十分に清掃洗浄した後、歯牙欠損部のインプラント植立予定部位の粘膜、骨膜を剝離した。つぎに、低速用電気エンジンを使用し、生理食塩水による注水冷却を十分に行いながら専用のトレパンを用いて穿孔し、骨片除去後、手用ハンドリーマおよびエンドカッティングバーを用いて、インプラント窩を拡大、整形した。さらに生理食塩水で洗浄後、手指圧によりインプラ

ントを挿入した。感染防止の目的から、インプラント植立後3日間は筋肉内注射により抗生物質を投与し、また植立後1カ月は、インプラント体を安静に保つため、前述の固形飼料を水で軟化した軟性飼料を与えた。

なお、天然歯との連結による固定は行わず **free standing** とした。

C. 上部構造および咬合板

インプラント植立後1カ月目に、インプラントに対合する上顎歯牙に対して咬合板装着のための支台歯形成を行った。上下顎の印象採得、咬合採得をしたのち、模型を咬合器に付着し、この咬合器上で、近心側のインプラントを対照側、遠心側のインプラントを実験側とし、上部構造を作製した。すなわち、実験側には過剰側方圧を加えるために、上顎には、インプラント長軸に垂直な面に対し近遠心的に約30°の斜面を有する咬合板を、下顎インプラントの上部には咬合板と接触して前歯部で2mm咬合が挙上できる球体咬合面を作製した。また、対照側は半機能状態とするために、上顎には、インプラント長軸に垂直な咬合板を、下顎インプラントの上部にはこれとわずかに離開するような球体咬合面を作製した（図1）。

図1 上部構造の模式図

完成した上部構造および咬合板は、インプラント植立後2カ月目に口腔内にセメント合着した（写真1）。

写真1 装着した上部構造および咬合板

D. 口腔内清掃および臨床的観察

インプラント植立後、2日毎にインプラント周囲歯肉を清掃し、プラークコントロールを行った。また、上部構造装着後1～2週毎に、インプラント周囲組織の肉眼的観察、ポケットおよび動揺度の測定等の臨床的観察、X線写真による観察を行った。

Ⅲ. 観察方法

上部構造を装着して3日、1、2、4、8週経過した時点で、順次ペントバルビタールナトリウムで薬殺した。薬殺後、下顎骨のみを採取し、10%ホルマリン溶液により浸漬固定した。固定後、日本ソフテックス株式会社製 Softex-CSM 型により、Voltage 30kv, Current 15mA, Distance 30cm, Exposure time 4min の条件下で、Softex 撮影を行った。その後、10%ホルマリンと10%ギ酸の等量混合液で脱灰を行った。脱灰終了後、通法に従い脱水、脱脂後、セロイジン包埋あるいはパラフィン包埋を行い、近遠心的に10～15 μ mの連続切片を作製し、Hematoxylin-Eosin 重染色、Azan-Mallory 染色および渡辺鍍銀法を施し、病理組織学的に検索した。

実験結果

I. 上部構造装着後3日例

A. 症例1

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に著明な炎症症状はなく、隣在天然歯と同様の健全な状態を示している。インプラントは強固に固定され、手指による動揺は認められない。

インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3mmの範囲であり、深いポケットの形成は認められず、隣在天歯歯肉溝の深さと大差はない。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。遠心側および底部にインプラントに接した1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

歯肉固有層の炎症性細胞浸潤は軽度であり、下層への波及は認められない。インプラントに接する付着上皮は数層をなして下方へ伸長し、歯槽骨縁上で終止している。

歯槽頂部は漏斗状の骨吸収像を示しているが、著明な炎症所見や破骨細胞は認められない。インプラントは、近心側の浅層部および隅角部で直接骨組織と接してお

り、他の部位では様々な幅の線維性結合組織と接している。

インプラントと骨組織間の結合組織は、インプラントに対して平行に走行する緻密な線維よりなる内層と、血管に富んだ結合組織よりなる外層との2層構造を呈している。外層の線維の一端は、内層の線維と連絡しており、他端は、骨基質内に侵入している(写真2、3)。

写真2 症例1 対照側遠心側浅層部
(鍍銀染色)

写真3 症例1 対照側遠心側隅角部
(H・E染色)

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉は、対照側と同様にほぼ健全な状態を示し、動揺も認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、遠心側に1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮の肥厚増殖はなく、固有層の炎症性細胞浸潤も軽度である。

インプラントには、骨組織と線維性結合組織が混在して接しているが、骨組織が結合組織よりも広い領域で接している。インプラント周囲の骨組織は比較的太い骨梁からなっている。近心側壁中層の結合組織は、密な線維からなり、インプラント表面に平行に走行している。近心側隅角部の結合組織は、対照側と同様2層構造よりなっているが、内層の線維の緻密さが対照側よりも増加している。

B. 症例2

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉にわずかに発赤が認められるが、ほぼ健全な状態を示している（写真4）。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2 mmである。

写真4 症例2 口腔内写真
左：実験側
右：対照側

b. X線所見

インプラントのほぼ全周に1層のX線透過像が認められる（写真5）。

c. 病理組織学的所見

歯肉溝上皮直下に限局した炎症性細胞浸潤が認められる。付着上皮はやや肥厚増殖しているが、歯槽骨縁上で終止している。上皮直下の炎症性細胞浸潤はそれより下層に波及し、近心側では歯槽頂部に破骨細胞を伴った吸

写真5 症例2 軟X線写真
左：実験側
右：対照側

収窩の形成が認められる。

インプラントは、ほとんどの領域で線維性結合組織と接している。インプラント周囲の結合組織は、症例1の対照側で認められたものと同様の2層構造を示している。遠心側隅角部では他の部位に比較してその内層が、やや密な線維よりなっている。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、動揺も認められない（写真4）。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2 mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、インプラントに接した部分的な1層のX線透過像が認められる（写真5）。

c. 病理組織学的所見

歯肉組織は、症例1とほぼ同様であり、著明な炎症所見等は認められない。

インプラントには、骨組織と線維性結合組織が混在して接している。インプラントに接する骨組織は、太い骨梁や細い骨梁からなり、また一部では骨髄が直接接している。近心側隅角部の結合組織は、インプラントに平行な緻密な線維よりなる内層と血管に富む外層の2層構造よりなっているが、対照側のものに比べて、内層の線維がより緻密になっている（写真6）。一方、遠心側隅角部は、直接骨髄が接しているが、著明な変化は認められない（写真7）。

C. 症例3

1. 対照側インプラント（脱落）

インプラント植立後6週で脱落。

写真6 症例2 実験側近心側隅角部
(鍍銀染色)

写真7 症例2 実験側遠心側隅角部
(鍍銀染色)

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

症例1, 2と同様, インプラント周囲歯肉は健全な状態を示している. インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2~3mmの範囲である.

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められるが, インプラント周囲のX線透過像は認められない.

c. 病理組織学的所見

上皮下の炎症性細胞浸潤はわずかであるが, 近心側において下層へ波及し, 歯槽頂部に破骨細胞を伴った吸収窩の形成が認められる. インプラントは, ほぼ全周にわたり比較的太い骨梁と接している(写真8). 近心側隅角部においても, 太い骨梁が接しており充血, 骨吸収などの異常所見は認められない(写真9). 一方, 遠心側隅角部には, 線維性結合組織がわずかに認められるが, 内層と外層との線維は, よく連絡しており, インプラントに接する線維の緻密化は著明ではない(写真10).

写真8 症例3 実験側全体像
(H・E染色)

写真9 症例3 実験側近心側隅角部
(H・E染色)

写真10 症例3 実験側遠心側隅角部
(鍍銀染色)

D. 症例4

1. 対照側インプラント (脱落)

インプラント植立後3週で脱落.

2. 実験側インプラント (破折)

a. 臨床所見

上部構造装着後2日目にインプラントは顎骨内で破折し、3日目のインプラント窩には血餅が認められる.

b. X線所見

インプラントの破折端が歯槽骨縁下に認められ、インプラント周囲にはX線透過像等は認められない.

c. 病理組織学的所見

インプラントは、ほぼ全周にわたり直接骨組織と接している. 浅層部では緻密骨が接し、深層部では比較的大い骨梁の海綿骨が接している.

II. 上部構造装着後1週例

A. 症例5

1. 対照側インプラント (動揺)

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に発赤を認める. また、口腔清掃時に出血が認められ、インプラントは、頬舌的、近遠心的に動揺する. インプラント周囲歯肉のポケットの深さは3~6mmであり、近心側において大きい値を示した.

b. X線所見

インプラントの全周にわたりX線透過像が認められ、浅層ほどその幅が広がっている. また、その周囲に歯

槽硬線様の不透過像が認められる.

c. 病理組織学的所見

付着上皮は著明に肥厚増殖し、歯槽骨縁下に伸長している. 上皮下固有層の炎症性細胞浸潤は軽度ではあるが下層へ波及している.

インプラントは、底部中央を除いて全周を厚く密な線維性結合組織で取り囲まれており、結合組織は浅層になるにつれ幅が広がっている. インプラントに面した底部の骨梁表面に破骨細胞を伴った吸収窩の形成が認められる.

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

他の例と同じく、インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示している. インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2mmである.

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、近心側に1層のX線透過像が認められる.

c. 病理組織学的所見

上皮下固有層の炎症性細胞浸潤はわずかであるが、下層へ波及しており、歯槽頂部の漏斗状の骨吸収像が認められる.

インプラントは、直接骨組織と接している領域が多い. 浅層部では層板構造を持つ緻密骨と接し、深層部では種々の太さの骨梁からなる海綿骨と接している (写真11). 近心側隅角部には2層構造を持つ線維性結合組織が認められるが、遠心側隅角部では直接骨組織が接してい

写真11 症例5 実験側全体像
(H・E染色)

る。底部では、充血が著しく、多くの新生骨の形成が認められる (写真12)。

写真12 症例5 実験側底部 (H・E染色)

B. 症例6

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に異常所見は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3mmの範囲である。

b. X線所見

インプラント周囲に1層のX線透過像が認められ、浅層部でやや幅広くなっている。その周囲に1層のX線不透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

上皮下の固有層に局限した軽度の炎症性細胞浸潤が認められ、一部はさらに下層へ波及している。付着上皮はやや深行し歯槽骨縁下へ達している。

インプラントには、骨組織が直接接する領域と線維性結合組織が接する領域とが認められる。近遠心側隅角部に2層構造を持つ線維性結合組織が認められる。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

対照側と同様に、インプラント周囲歯肉は健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、近心側および遠心側で約3mm、頬側および舌側で約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。近心側浅層部に1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

固有層の炎症性細胞浸潤は軽度であり、付着上皮は歯槽骨縁上で終止している。

インプラントは、近心側浅層部および隅角部を除い

て、大部分で骨組織と直接接している。近心側隅角部に密な線維性結合組織が接しており、その外側に骨髄が直接接している。遠心側隅角部には直接骨組織が接している。底部骨組織に血管の拡張、充血が認められる。

C. 症例7

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、動揺も認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、舌側で約1mm、その他の部位で約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、遠心側に1層のわずかなX線透過像が認められる (写真13)。

写真13 症例7 軟X線写真

左：実験側

右：対照側

c. 病理組織学的所見

付着上皮は数層をなし、ほぼ歯槽骨縁と同じ高さで終止している。上皮下固有層の炎症性細胞浸潤は軽度であり、一部下層へ波及している。

インプラントには、骨組織が直接接する領域と線維性結合組織が接する領域が混在しているが、骨組織と接する領域がより広範囲に認められる。浅層部では比較的太い骨梁が接し、深層部ではやや細い骨梁が接している。

遠心側中層部および近遠心側隅角部に2層構造を示す線維性結合組織が認められる。

底部の骨組織に血管の拡張、充血が認められる。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

対照側と同じく、インプラント周囲歯肉に異常所見は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さ

は、約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。近心側浅層部に1層のX線透過像と、その外側に1層のX線不透過像が認められる(写真13)。

c. 病理組織学的所見

付着上皮はやや肥厚し、歯槽骨縁下に達している。上皮下固有層の炎症性細胞浸潤は下層へ波及し、近心側歯槽骨表面に破骨細胞を伴った吸収窩の形成が認められる(写真14)。

写真14 症例7 実験側近心側浅層部
(H・E染色)

近心側の中層および隅角部に、インプラントに平行な緻密な線維からなる内層と血管に富む疎な結合織からなる外層の2層構造を示す結合織が認められる(写真15, 16)。遠心側隅角部にも、線維性結合織が認められるが、その周囲は直接骨髄が接しており、インプラントに接する線維の緻密化は著明ではない(写真17)。

インプラント周囲の骨組織は、近心側および底部において充血調を呈している。

D. 症例8

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉にわずかに発赤があり、口腔清掃時にわずかな出血が認められるが、手指による動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3mmの範囲である。

b. X線所見

写真15 症例7 実験側近心側中層部
(H・E染色)

写真16 症例7 実験側近心側隅角部(鍍銀染色)

写真17 症例7 実験側遠心側隅角部(鍍銀染色)

インプラント周囲に1層のX線透過像が認められ、近心側浅層部でやや幅が広がっている。その外側に1層のX線不透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮は、肥厚増殖し、上皮脚の形成が著明である。上皮の末端は歯槽骨縁下深くまで達しており、炎症性細胞浸潤も骨縁下まで達している（写真18）。

写真18 症例8 対照側近心側歯槽頂部
(H・E染色)

インプラントは、骨組織と部分的に直接接しているが、線維性結合組織と接する領域の方が多く認められる。近心側および遠心側の深層部から隅角部にかけて線維性結合組織が接している。

近心側中層部では、骨組織と直接接する領域が多い（写真19）。

写真19 症例8 対照側近心側中層部
(H・E染色)

隅角部において結合組織は、インプラント表面に平行な緻密な線維からなる内層と、血管に富む結合組織からなる外層の2層構造を呈している。外層の線維の一端は、内層の線維と連絡しており、他端は、骨基質内に侵入している。底部においても同様の2層構造が認められる（写真20）。

写真20 症例8 対照側底部（鍍銀染色）

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に異常所見は認められず、ほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2 mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。底部に1層のX線透過像が認められる。その他に著明な骨吸収像等は認められない。

c. 病理組織学的所見

近心側に比べて遠心側では、上皮の肥厚増殖が著明で、上皮脚の形成が認められる。

遠心側の歯肉固有層の炎症性細胞浸潤は骨縁下まで波及し、歯槽頂部に破骨細胞を伴った骨吸収像が認められる（写真21）。

対照側と同様、インプラントに線維性結合組織が接する領域が多い。

近心側中層部および近遠心側隅角部に2層構造を示す線維性結合組織が接している。隅角部の線維性結合組織はやや密であり、内層のインプラント面には数層の扁平化した細胞が多数集合している（写真22）。

Ⅲ. 上部構造装着後2週例

A. 症例9

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉にわずかな発赤を認めるが、ほ

写真21 症例8 実験側遠心側歯槽頂部
(H・E染色)

写真22 症例8 実験側近心側隅角部 (H・E染色)

ほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる(写真23)。

c. 病理組織学的所見

上皮下の炎症性細胞浸潤が固有層下層へ波及しているが、付着上皮の肥厚増殖は認められない。

インプラントと骨組織は、ほぼ全周で直接接している。浅層部では層板構造を持つ緻密骨が接し、深層部では種々の太さの骨梁からなる海綿骨が接している。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

対照側と同様にインプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

写真23 症例9 軟X線写真
左：実験側
右：対照側

b. X線所見

遠心側歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる(写真23)。

c. 病理組織学的所見

固有層の炎症性細胞浸潤は軽度で、付着上皮の著明な肥厚増殖は認められない。

インプラントと骨組織は、遠心側隅角部を除くほとんどの領域で直接接している。

遠心側隅角部にみられる線維性結合組織のインプラントに接する面には、2～3層のインプラントに平行な緻密な線維が認められる。結合組織の周囲は、骨髓が取り巻いている。

B. 症例10

1. 対照側インプラント(脱落)

上部構造装着後1日で破折、脱落。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

遠心側歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。

c. 病理組織学的所見

遠心側において付着上皮はわずかに肥厚増殖し、歯槽骨縁下に達している。固有層の炎症性細胞浸潤も、遠心側でやや下層へ波及している(写真24)。

インプラントと骨組織は、ほぼ全周で直接接している(写真25)。

近心側隅角部、遠心側隅角部ともに直接骨組織が接しており、両者に著明な差異は認められない(写真26、

写真24 症例10 実験側遠心側歯槽頂部
(H・E染色)

写真26 症例10 実験側近心側隅角部
(H・E染色)

写真25 症例10 実験側全体像
(H・E染色)

写真27 症例10 実験側遠心側隅角部 (H・E染色)

やや幅が広がっている。

c. 病理組織学的所見

附着上皮はわずかに肥厚増殖し、固有層に上皮脚を出し下方へ伸長している。その末端は歯槽骨縁下にまで達しており、固有層の炎症性細胞浸潤も軽度ではあるが、歯槽頂部にまで波及している。

インプラントは、ほとんどの部位で直接骨組織と接している (写真28)。インプラント周囲の骨組織に充血や血管の拡張は認められない (写真29)。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

対照側と同様に、インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3mmの範囲である。

b. X線所見

27)。

C. 症例11

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、近心側では

写真28 症例11 対照側全体像
(H・E染色)

写真29 症例11 対照側底部 (H・E染色)

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮の肥厚増殖は認められず、固有層の炎症性細胞浸潤も軽度である。

インプラントと骨組織は、多くの領域で直接接している。

遠心側中層部および底部の一部に、インプラントに接する線維性結合組織が認められ、インプラントに接する2～3層の線維は、緻密になっている (写真30)。

Ⅳ. 上部構造装着後4週例

A. 症例12

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケ

写真30 症例11 実験側底部 (鍍銀染色)

ットの深さは3～4mmの範囲で、近心側および遠心側でやや深くなっている。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。遠心側隅角部にインプラントに接した1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

固有層の炎症性細胞浸潤は軽度で、付着上皮の著明な肥厚増殖は認められない。

インプラントは、ほぼ全周で直接骨組織と接している (写真31)。浅層部では、層板構造を持つ緻密骨と接することが多く、深層部では細い骨梁と接している。

線維性結合組織が直接インプラントに接する領域の線維は、緻密になっている。底部では、脂肪髄が増加している (写真32)。

写真31 症例12 対照側全体像
(H・E染色)

写真32 症例12 対照側底部 (H・E染色)

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

対照側と同様に、インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約3～4 mmの範囲でやや深くなっている。

b. X線所見

インプラントの近心側および遠心側に1層のX線透過像が認められ、その外側に1層のX線不透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

近心側においては、固有層の炎症性細胞浸潤が歯槽骨縁下方にまで波及しており、付着上皮も歯槽骨縁下にまで伸長している。上皮下固有層には、毛細血管や炎症性細胞が多数認められ、線維の配列が乱れている。歯槽頂部の骨梁表面には多くの吸収窩が認められ、破骨細胞を認める部位もある (写真33)。一方、遠心側においては、

写真33 症例12 実験側近心側歯槽頂部 (H・E染色)

固有層の炎症性細胞浸潤は軽度であり、付着上皮も固有層中央部で終止している。

インプラントは、底部において骨組織と直接接しているが、その他の部位では2層構造を示す線維性結合組織が接している (写真34)。近心側深層部から隅角部にかけて、圧縮された線維が4～5層認められる。

写真34 症例12 実験側近心側深層部 (H・E染色)

B. 症例13

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは3～4 mmの範囲である。

b. X線所見

インプラント周囲に部分的に1層のX線透過像が認められ、歯槽頂部で幅がやや広がっている。その外側に1層のX線不透過像が認められる (写真35)。

c. 病理組織学的所見

遠心側において付着上皮がやや伸長しているが、炎症性細胞浸潤は軽度である。

インプラントには、比較的太い骨梁が直接接する領域と線維性結合組織が接する領域とが混在して接している。また、底部の一部に骨髓が直接接している。

インプラントに直接接する線維性結合組織は2層構造をなし、内層のインプラントに平行な線維は、緻密に配列している。

2. 実験側インプラント

写真35 症例13 軟X線写真
左：対照側
右：実験側

a. 臨床所見

対照側と同様にはほぼ健全な状態を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは3～4 mmの範囲であり、遠心側でやや深くなっている。

b. X線所見

インプラントのほぼ全周にわたり1層のX線透過像が認められ、その外側に1層のX線不透過像が認められる(写真35)。

c. 病理組織学的所見

遠心側において、5～6層に肥厚した付着上皮が歯槽骨縁下方にまで達しており、骨梁辺縁には、破骨細胞を伴った吸収窩が認められる(写真36)。

インプラントに比較的太い骨梁が直接接する部位と、

写真36 症例13 実験側遠心側歯槽頂部
(H・E染色)

線維性結合組織が接する部位が混在している。

近心側隅角部および底部の遠心側に2層構造を示す線維性結合組織が認められる。2層構造を示す結合組織を比較すると近心側隅角部の線維がわずかに緻密になっている。結合組織を取り巻く骨梁は、大小不同の鋸歯状を呈している(写真37, 38)。

写真37 症例13 実験側近心側隅角部(鍍銀染色)

写真38 症例13 実験側遠心側隅角部(鍍銀染色)

C. 症例14

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しているが、インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、近心側および遠心側で約4 mmであり、やや深くなっている(写真39)。

b. X線所見

遠心側の歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。近心側および底部にインプラントに接した1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮の肥厚増殖や上皮下固有層にみられる炎症性細胞浸潤の下層への波及は認められない。

写真39 症例14 口腔内写真
左：実験側
右：対照側

インプラントと骨組織は、近心側および遠心側の大部分で比較的に太い骨梁と直接接している。歯槽頂部は漏斗状の大きな骨吸収像を示している。

隅角部および底部の結合組織は2層構造を示し、インプラントに接する線維はやや緻密になっている。

結合組織を取り巻く骨梁内への線維の取り込みは認められず、骨梁表面は、大小不同の鋸歯状を呈している（写真40）。

写真40 症例14 対照側底部（H・E染色）

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示し、インプラントの動揺は認められない（写真39）。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、遠心側で約4 mm、その他の部位で2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。

c. 病理組織学的所見

近心側、遠心側ともに炎症性細胞浸潤が歯槽骨縁下にまで波及し、付着上皮もわずかに肥厚して下方に伸長し

ている。

歯槽頂部は漏斗状の骨吸収像が著明である。

インプラントには骨組織が直接接する領域と、線維性結合組織が接する領域とが認められる（写真41）。

写真41 症例14 実験側全体像
（H・E染色）

近心側の一部と底部は2層構造よりなる線維性結合組織が接している。近心側隅角部では、内層の線維性結合組織はより緻密になっている。外層の結合組織とそれを取り囲む骨梁との連絡はあまり認められず、骨梁表面は、大小不同の鋸歯状を呈している（写真42, 43）。

写真42 症例14 実験側近心側隅角部
（鍍銀染色）

写真43 症例14 実験側底部（鍍銀染色）

D. 症例15

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示しており、インプラントの動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約3 mmである。

b. X線所見

インプラント周囲に1層のX線透過像が認められ、その外側に1層の細いX線不透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮は一部でやや肥厚しているが、歯槽骨内へは達していない。上皮下固有層の炎症性細胞浸潤は、近心側において下層へ波及しており、歯槽骨表面に破骨細胞を伴った吸収窩の形成を認める。

インプラントのほぼ全周は線維性結合組織と接している。線維性結合組織は、2層構造を呈することが多いが、これを取り巻く骨梁との連絡はあまり認められない。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉はほぼ健全な状態を示し、インプラントの動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められ、近心側に1層のX線透過像が認められる。

c. 病理組織学的所見

付着上皮の深行増殖は認められない。上皮下固有層の炎症性細胞浸潤はわずかであり、下層への波及も認められない。歯槽頂部にわずかに漏斗状の骨吸収像が認められる。

インプラントは隅角部を除いてほぼ全周で骨組織と直接接している。隅角部では、2層構造を示す線維性結合

組織が接している。内層の密な線維は、近心側隅角部においてインプラントに接する面でさらに緻密となっている。外層の結合組織は血管に富んだ疎なものであり、その周囲に骨梁あるいは骨髄が接している。

V. 上部構造装着後8週例

A. 症例16

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に発赤が認められ、口腔清掃時にわずかに出血が認められる。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは2～3 mmの範囲である。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる（写真44）。

写真44 症例16 軟X線写真

左：実験側

右：対照側

c. 病理組織学的所見

付着上皮の深行増殖は認められない。上皮下固有層の炎症性細胞浸潤は、骨縁下にまで波及していない。

インプラントは骨組織とほぼ全周で直接接している（写真45）。

インプラント周囲の骨組織は、浅層部では緻密骨からなり、深層部では細い骨梁の海綿骨からなっている。骨髄には脂肪髄が多数認められる（写真46）。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉は対照側とほぼ同様の所見を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、遠心側で約3 mm、その他の部位で約2 mmである。

b. X線所見

近心側歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。遠心側では、楔状のX線透過像が認められ、中層部に達し

写真45 症例16 対照側全体像
(H・E染色)

写真47 症例16 実験側遠心側歯槽頂部
(H・E染色)

写真46 症例16 対照側遠心側中層部
(H・E染色)

写真48 症例16 実験側全体像
(H・E染色)

ており、その外側に1層のX線不透過像が認められる(写真44)。

c. 病理組織学的所見

遠心側では、炎症性細胞浸潤が骨縁下方にまで達しており、付着上皮の肥厚増殖も著明で、固有層に多数の上皮脚を出している。また、歯槽頂部は大きなV字状をなす漏斗状の骨吸収像を呈している(写真47)。

インプラントには、骨組織が直接接する領域と、線維性結合組織が接する領域とが認められる(写真48)。

インプラントに接する結合組織は、血管に乏しく、膠原線維が主体であるが、2層構造は認められない(写真49)。

近心側隅角部の結合組織においても同様に、緻密な線維は認められない(写真50)。

結合組織を取り巻く骨梁およびインプラントに直接接する骨梁表面は、平坦化しており、骨髓には脂肪髄が多く認められる(写真51, 52)。

B. 症例17

写真49 症例16 実験側遠心側中層部
(H・E染色)

写真51 症例16 実験側遠心側隅角部
(H・E染色)

写真50 症例16 実験側近心側隅角部
(H・E染色)

写真52 症例16 実験側底部 (H・E染色)

固有層下層にまで炎症性細胞浸潤が認められ、付着上皮の肥厚増殖も著明であるが、歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像は認められない(写真53)。

インプラントは、底部を除き骨組織と直接接している。

底部の線維性結合組織には、2層構造は認められない。骨髓には、脂肪髄が増加している。

2. 実験側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉は対照側とほぼ同様の所見を示している。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。

c. 病理組織学的所見

1. 対照側インプラント

a. 臨床所見

インプラント周囲歯肉に軽度の発赤を認め、口腔清掃時にわずかの出血を認める。インプラントの動揺は認められない。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは約2mmである。

b. X線所見

歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が認められる。

c. 病理組織学的所見

写真53 症例17 対照側遠心側歯槽頂部
(H・E染色)

近心側および遠心側において、固有層の炎症性細胞浸潤が骨縁下方にまで波及し、付着上皮も肥厚増殖しながら、骨縁下まで達している。歯槽頂部骨梁表面には、破骨細胞を伴う吸収窩が多数認められる。

インプラントは、近心側の浅層部および隅角部を除いて、骨組織と直接接している。

近心側浅層部および隅角部には、線維性結合組織が接しているが、2層構造は認められない。結合組織を取り巻く骨梁およびインプラントに直接接する骨梁表面は、平坦化しており、骨髓には、脂肪髄が多く認められる。

考 察

デンタルインプラントは、喪失した歯牙にかわり咀嚼機能の回復をはかることをその主目的とするものである。しかし、その咬合圧に対する負担能力は天然歯よりも劣っているものと一般に見なされている。そこで、インプラントおよびその周囲組織を強大な咬合圧の影響から守り、長期にわたり予後を良好なものにするために、種々の上部構造や咬合様式がインプラントに付与されている。

付与すべき咬合様式に関して末次(1984)⁹⁾は、症例により full balanced occlusion, group functioned occlusion および cuspid protected occlusion を使い分けるべきであるとし、また三谷(1975)¹⁰⁾は、側方圧ならびに垂直圧の軽減を目的とした補綴学的咬合論の原則の多くはインプラントに十分に適用可能であるが残

存歯と粘膜の感覚を積極的に利用する方法を考えるべきであると述べている。また、懸田(1978)¹¹⁾は、organic occlusion を理想的であるとしている。また上部構造に関しても、解剖学的咬合面形態あるいは機械的咬合面形態のものなど多種の利用がなされている²⁰⁻²²⁾。このようにインプラントに対して統一された咬合様式や上部構造は見られないが、これらは全てインプラントの負担荷重を小さくし、とりわけ側方圧を可及的に小さくするという考え方に基づいていると思われる。

しかし、インプラントが口腔内で機能する限り、側方圧をなくすることはできず、非生理的な側方圧が加わることも考えられる。また、メンテナンスが十分でなければ、咬合圧が外傷性に作用することも考えられる。生理的な咬合圧とインプラント周囲組織に外傷を与えるような非生理的咬合圧の境界は明確ではなく、それを規定することも不可能であると思われるが、インプラントの予後を考える場合、非生理的ないわゆる外傷性咬合によって生じるインプラント周囲組織の経時的变化を明らかにすることは重要な意味を持つものと考えられる。

インプラント周囲組織に外傷を与えるような非生理的機能下での実験は、わずかに石田ら(1986)¹⁹⁾の行った多結晶 ZrO_2 セラミックインプラントに関するものをみるにすぎない。

そこで、今回ハイドロキシアパタイトインプラントを成犬の下顎に植立し、非生理的機能下、いわゆる外傷性咬合を付与した状態でのインプラント周囲組織の経日的変化を観察し、病理組織学的に検索を行い、興味ある知見を得たので、その所見を総括し、かつ諸家の業績と比較し考察する。

1. 実験方法について

天然歯に対する実験的外傷性咬合に関する研究は数多くなされており、X線学的、病理組織学的に検索されている。岡本(1959)²³⁾は、歯冠形態を変化させて外傷性咬合を起こし、谷口(1965)²⁴⁾、Kameyama(1968)²⁵⁾、村山(1969)²⁶⁾、高木(1978)²⁷⁾、今村(1985)²⁸⁾らは補綴物あるいは充填物によって咬合挙上を行い外傷性咬合を起こさせている。また、歯冠形態の変化と咬合挙上の両方を組み合わせたものに Waerhaug(1955)²⁹⁾、Bhaskar(1955)³⁰⁾、浦井(1973)³¹⁾、本間(1977)³²⁾、玉川(1980)³³⁾らの実験がある。

今回の著者の実験においては、過剰でしかも側方的な圧を発生させるために玉川の方法に準じて外傷性咬合を与えた。すなわち、実験側のインプラントに対合する上顎に、インプラントに対し近遠心的に30°の傾斜角を持

った咬合板を装着し、前歯部で2 mm咬合を挙上した状態で接触するようインプラントに球体咬合面を装着し、過剰側方圧が加えられるように工夫した。対照側では、インプラントに対し水平な咬合板を作製し、咬合時にもわずかに離開するよう調整した。実験側と隣接した部位に対照側を植立したので、対照側では確実に半機能状態にできたと思われる。生体においてインプラントに加わる力を動力学的に測定することは困難である。そこで玉川は、近似的に静力学的分析を行い以下のように述べている。すなわち、単斜面の咬合面を持つ補綴物を対合歯に装着して咬合させた場合、斜面の角度が基準面に対してなす角度を θ ($0 < \theta < \pi/2$)、咬合圧が基準面に対して垂直に加えられると仮定したときの咬合圧の大きさを F 、咬合板と被験歯が接触した場合の摩擦係数を μ とすると、 F の水平方向の分力 H と垂直方向の分力 V は、それぞれ $H = F \cos \theta \sin \theta - \mu F \cos^2 \theta$ 、 $V = F \cos^2 \theta + \mu F \sin \theta \cos \theta$ で表すことができ、仮に $\theta = 30^\circ$ 、 $\mu = 0.36$ として計算すると $H : V = 1 : 6$ となり側方圧が垂直圧に比べてかなり小さくなると報告している。しかし、一般に天然歯は垂直圧に比べてはるかに小さい側方圧に鋭敏に反応すると言われており、本実験では咬合板に 30° の傾斜を与えることにした。

天然歯における外傷性咬合による組織の変化は、一般に歯根膜腔の狭窄と拡大に始まり、圧迫側歯根膜の充血あるいは壊死、牽引側歯根膜の離断、出血を経て、骨の吸収へと進み、ある期間の後には、骨およびセメント質の新生添加、歯根膜の再生により修復がなされ、咬合機能の回復が起こるとされている³⁴⁾。しかし、本研究で用いたハイドロキシアパタイトは、骨組織とAnkylosisを起こし、強固に結合するとされている。石田(1984)³⁵⁾は骨に結合したハイドロキシアパタイトの破壊試験を行い、破壊はインプラントと骨組織との界面に生じておらず、インプラント表面に骨の結晶層が残っていると報告している。小木曾(1985)³⁶⁾も、ハイドロキシアパタイトと骨との界面を電顕的に観察し骨結晶とアパタイト結晶が結合していることを示している。したがって、歯根膜を介して骨と結合している天然歯に対する外傷性咬合でみられる変化とは、その出現する時期においても、様相においても大きく異なると考えられる。そこで、ハイドロキシアパタイトインプラントを用いて、外傷性咬合に対するインプラント周囲組織の変化を検索するために、本研究を行った。

インプラントに過重負担咬合を与えた研究には、石田ら(1986)¹⁹⁾の多結晶 ZrO_2 セラミックインプラントを

用いたものがある。それによるとインプラント周囲に偽歯根膜の形成を認めている。本研究では、過重負担による偽歯根膜の形成は認められなかったが、その理由としては、材質の相違および機能開始時期の相違が考えられる。

三羽(1985)³⁷⁾はアパタイトインプラントを用いた咬合開始時期と骨形成との関連性に関する実験を行った。その結果、埋入後2週で咬合を開始させた場合、インプラント周囲に結合組織の形成があり経時的に拡大していく傾向があること、一方、埋入後8週で咬合を開始させた場合、インプラントのほぼ全周で新生骨が形成されていたと報告している。一般に、インプラント周囲で活発な骨形成が行われる時期にインプラントの固定が損なわれる、つまり周囲組織の安静が保たれないと周囲の骨形成が妨げられると考えられている。Brunskiら(1977)³⁸⁾、石田(1984)³⁵⁾、塩田(1984)³⁹⁾らは、インプラント埋入時の骨損傷により骨切削面は、一過性の骨吸収を受けると述べている。このような時期にインプラントに機能を開始させると、インプラント周囲の骨は吸収され、線維性結合組織が形成されやすいことが推察できる。

Brunskiら(1979)⁴⁰⁾は、titaniumを用いた動物実験で、非機能下のインプラントは骨と接していたのに対し、機能下のものは線維性結合組織の介在が認められたと述べている。また、Brånemark(1983)⁴¹⁾はosseo-integrated implantを埋入して即時に荷重を加えると骨とインプラントの界面に結合組織を形成すると考えている。小木曾(1978)²⁾、石田(1984)³⁵⁾、三羽(1985)³⁷⁾らは、植立後2カ月という時期は、アパタイト周囲の骨形成つまり骨治癒が完全ではないものの、かなり進行した時期であるとしており、本実験においては咬合開始時期を植立後2カ月とした。

2. 実験結果について

1) 動揺およびX線所見と組織所見との比較

上部構造装着時に動揺が認められた1例を除き、対照側、実験側ともに観察期間中、手指による動揺は認められなかった。組織所見において、対照側、実験側ともにインプラントは、ほぼ全周で骨組織と接するものから、部分的に骨組織と接するものまで、その程度は様々であった。部分的にせよ骨組織と直接接していることと骨組織と接する部位が比較的少ない症例においても頰側あるいは舌側の皮質骨に近接した部位で緻密骨と広く接している所見が多かったことが、動揺の認められなかった理由であると考えられる。石田(1984)³⁵⁾は、顎骨に埋入したインプラントに対する押出試験の最大値が術後2カ

月で300kg, 引張試験では術後6カ月で65.7kg/cm²と大きな値を示すことを報告している。今回の実験において、部分的に線維性結合組織が接していたが、比較的大きな結合力が得られていたものと考えられる。

X線所見において、実験側、対照側ともに多数の症例で部分的にインプラントに接した1層のX線透過像が認められ、中にはほぼ全周にわたるものも数例認められた。しかし、その部位に一定の傾向はなく、経日的変化も認められなかった。X線所見と組織所見を比較すると、多数の症例においてインプラント周囲のX線透過像に相当する領域に線維性結合組織が認められた。しかし、これらの所見は必ずしも完全に一致しておらず、インプラントのほぼ全周にX線透過像を認めた症例でも、組織所見では部分的に骨組織が接している所見があり、また動揺も認められなかった。したがって、X線所見だけでインプラントの成功、不成功を即断すべきではないと思われる。

上部構造装着時に動揺の認められた1例（症例5, 対照側）は、植立後3週程度で動揺を示し始め、しだいにその程度が大きくなる傾向があった。X線所見では、周囲に著明なX線透過像を認め、他の例とは大きく異なっていた。そしてこの所見においては、厚い密な線維性結合組織がインプラントに接した底部の骨梁表面にも破骨細胞が認められ、さらに骨吸収が進行すると思われた。本例には、過剰側方圧は与えておらず、また咬合開始以前に動揺していたことから、インプラント周囲骨組織の吸収は必ずしも非生理的機能下においてのみ起こるものではないと考えられる。動揺の原因として、植立時の外科的侵襲による骨治癒の傷害あるいは遅延、植立後早期の安静が保てなかったこと、インプラント頸部からの感染等が考えられる。これらは相互に密接に関連しており、本実験からその原因を明らかにすることはできないが、口腔清掃の状態や植立の術式において他の症例と差異はあまりなかったと考えられ、植立後早期の安静を阻害するような何らかの圧力が加わったことが原因であろう。

また、上部構造装着後2日目で破折した例（症例4, 実験側）が認められた。X線所見では、周囲にX線透過像は認められず、ほぼ歯槽頂部で破折していた。組織所見では、ほぼ全周にわたり骨組織が接しており、線維性結合組織の介在は少なかった。破折の原因が、過剰側方圧によるものか、暴力的な外力によるものか明らかではないが、ハイドロキシアパタイトの骨との結合が強固であるがために、強い外力が加わった場合、インプラント体に応力が集中して破折が起こった可能性もある。したが

って材料の強度や埋入の深さ、いわゆる歯冠歯根比などに考慮すべき点があると思われる。

2) 実験側の経日的変化

上部構造装着後3日、1週例で、インプラントと骨組織が接する領域が少ない症例では、実験側の近心側隅角部の結合組織線維がやや緻密化しており、咬合圧が遠心側歯槽頂部から近心側隅角部へ向かう方向に加わったことが推測できる。骨組織と接する領域が多い症例ではこの傾向は認められず、咬合圧が周囲骨組織に分散していると考えられる。

上部構造装着後4週例では、骨組織と接する領域が多い症例においても、近心側隅角部に線維性結合組織が認められるものは、同部の線維の緻密化が認められた。

上部構造装着後4週例では、対照側隅角部においても線維の緻密化が認められた。これは対照側が半機能状態であっても、食物を介して咬合圧が加わったための変化と思われる。実験側においては、さらに線維が緻密となり、その傾向は3日、1、2週例より大きく、遠心側隅角部よりも近心側隅角部においてさらに大きくなっていた。

このように咬合圧の大きさ、方向、加わった期間の相違による変化が認められたことは、さらに大きな荷重が加わった場合に周囲組織に傷害を与える可能性があると考えられる。

また、4週例実験側の底部においてインプラントに接した線維性結合組織の周囲の骨梁が大小不同の鋸歯状を示していた。破骨細胞による吸収は認められないが、少なくとも安定した平坦な骨梁とは言えず、過剰側方圧による影響であると考えられる。

8週例においては、周囲骨組織は安定した像を示し、線維の緻密化も顕著には認められなかった。これは咬耗による咬合圧の変化や生体の適応がある程度起こったためと思われるが、さらに大きな咬合圧が加わった場合の変化が生体の適応を越えることも考えられる。また、長期にわたる検討も必要であると思われる。

3) インプラントと歯肉組織

インプラント周囲歯肉は、対照側、実験側ともにほぼ健全な状態を呈しており、わずかに発赤を認める症例が散見されたが、経日的変化は認められなかった。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、大多数の症例で2～3mmの範囲であり、隣在天然歯と大差なかった。

組織所見では、大多数の症例で、インプラントに接する付着上皮は、ほぼ歯槽骨縁と同じかあるいは上方で終止しており、肥厚増殖の認められるものは少なかった。

歯肉固有層の炎症性細胞浸潤も軽度であったが、一部のものは下層へ波及していた。しかし、実験側の4週例4例中1例、8週例2例中2例において、付着上皮の肥厚増殖および伸長、炎症性細胞浸潤の下方への波及が著明に認められた。特に8週例において付着上皮が著明に肥厚増殖し、固有層内へ上皮脚を出し下方へ伸長しているものが認められた。

小木曾 (1985)³⁶⁾ は、ハイドロキシアパタイトと上皮細胞膜は電顕的に **Amorphous** な層を介して接しており、上皮細胞膜に沿って **hemi-desmosomes** が明瞭に認められ、天然歯と同様の上皮付着をすると述べている。しかし、彼はまた天然歯に比べれば、上皮付着の結合力は強くなく、むしろインプラントと上皮に擦過状態を起こさないようなインプラント自体の不動性が重要であると考えている。

また、ハイドロキシアパタイトに対するプラークの付着しやすさにも考慮が必要である。上木 (1986)⁴²⁾ は、単結晶アルミナセラミックスおよびハイドロキシアパタイトに対する *A. viscosus* 株および *S. mutans* 株の付着状況を検討した。彼によれば、唾液処理により、ハイドロキシアパタイトのほうがアルミナセラミックスより多く両菌株が付着したと述べている。一方、和久田ら (1986)⁴³⁾ は、骨治癒がある程度進行した後にインプラント周囲がプラークにより汚染された場合には、粘膜部に炎症を起こし、顎骨表面に骨吸収像が散見されるが、顎骨内部のアパタイトインプラント表面に接した骨の吸収は起こらないと述べている。

今回の実験で認められた付着上皮の肥厚増殖、下方への炎症性細胞浸潤の波及などがプラークによるものか過剰側方圧によるものか、あるいは両者の相乗作用によるものかは詳細に解明することはできなかった。

4) インプラントと骨組織

本研究においては、インプラント周囲組織に過剰側方圧を与えた天然歯周囲組織に見られる著明な骨吸収像や修復像は認められなかった。このことは、ハイドロキシアパタイトインプラントが骨組織と結合する材料であり、歯周組織とは違った構造を示すためと思われる。

本研究において、インプラントに接した部分的な線維性結合組織が認められ、小木曾 (1978)²⁾ の報告と異なっていた。この線維性結合組織は、上部構造装着後3日例において、対照側、実験側においても認められたこと、上部構造装着時のX線所見において1層のX線透過像が認められ、その領域にほぼ一致した線維性結合組織の存在が組織所見において確認されたことにより、過剰側方圧に

よるものではないと考えられる。

大口ら (1986)⁴⁴⁾ は、ハイドロキシアパタイトインプラントを用い、埋入と非埋入との比較を行い、その中で埋入タイプはほぼ全領域で骨組織が直接接していたのに対し、非埋入タイプは一部に線維性結合組織の形成が認められたと述べている。倉科ら (1982)⁴⁵⁾ は、家兎の下顎骨に人工的骨欠損を作り、同部にハイドロキシアパタイトを埋入した実験を行い、新生骨が直接接していたが、固定が不十分なものには、線維性の被膜が形成されたと述べている。青ら (1985)⁴⁶⁾ もハイドロキシアパタイトインプラントを成犬の下顎骨に植立後3カ月例で海綿骨領域に結合組織の形成を認めている。また、三羽 (1985)³⁷⁾ は、ハイドロキシアパタイトインプラント植立後2週で咬合を開始した場合、一部の領域で線維性結合組織を認めたと報告している。このようにハイドロキシアパタイトは常に骨組織と結合するとは言えず、周囲の環境や種々の条件に左右されることが考えられる。本研究における線維性結合組織の形成は以上のことから、植立後早期の安静が保てなかったことも一因であろう。インプラント周囲の線維性結合組織の介在は、インプラントに接した骨組織に応力の集中を起こすと考えられ、生理的咬合圧であっても骨組織に傷害を与える、いわゆる2次性の外傷性咬合を引き起こす可能性があり、臨床応用に際しては慎重に臨む必要がある。

結 論

過剰咬合圧がアパタイトインプラント周囲組織に及ぼす影響を検討するために動物実験を行った。成犬の下顎にアパタイトインプラントを植立し、対合する上顎に近遠心的に30°の傾斜角を持った咬合板を装着し、さらに前歯部で咬合を2mm挙上し、過剰側方圧を与えた。上部構造装着後8週間にわたって臨床的、病理組織学的に検索を行い、以下のような結果を得た。

1. 臨床所見では、実験側（過剰側方圧を与えたインプラント）、対照側（咬合接触させず半機能状態のインプラント）ともに周囲歯肉はほぼ健全な状態であり、1例を除いて、インプラントは強固に固定され動揺は認められなかった。インプラント周囲歯肉のポケットの深さは、一部に4～6mmの深いポケットの形成を認めたが、大多数は2～3mmの範囲であり、実験期間中、変化は認められなかった。
2. X線所見では、実験側、対照側ともに歯槽頂部に漏斗状の骨吸収像が多く見られた。また、多くの例でインプラントに接した1層のX線透過像が部分的に認め

- られ、ほぼ全周にわたるものも数例あったが、実験期間中、骨吸収像等の変化は認められなかった。
3. 病理組織学的所見では、実験側、対照側ともに、インプラントに骨組織と線維性結合組織が混在して接していた。その程度はほぼ全周にわたり骨組織が接するものから大部分線維性結合組織が接するものまで、様々な様相を呈していた。
 4. インプラントに接する線維性結合組織は、インプラント表面に平行な走行を示す密な膠原線維からなり、隅角部では、インプラントに接した緻密な線維の内層と疎な結合組織の外層とからなる2層構造が多く見られた。
 5. 3日、1週の比較的短期例のうち、骨組織と接する部位の少ない症例では、実験側の近心側隅角部において、インプラントに接した線維が、遠心側隅角部のものより緻密になっていた。また、骨組織と接する部位の多い症例では、実験側、対照側ともにこの傾向は認められなかった。
 6. 2週例では、骨組織と接する部位が多い症例においても、実験側のインプラントに接した線維が緻密になっていた。
 7. 4週例では、骨組織と接する部位が多い症例においても線維性結合組織が緻密になっていた。その程度は対照側よりも実験側において大きく、また、実験側においては遠心側隅角部よりも近心側隅角部で大きい傾向があった。さらに、実験側近心側隅角部に見られる結合組織には、大小不同の鋸歯状の骨梁が接していた。
 8. 8週例では、実験側、対照側ともにインプラント周囲の骨組織は脂肪髄が多く、安定した像が認められた。また、線維性結合組織の緻密化は顕著ではなかった。
 9. 4, 8週例の実験側において、歯槽頂部の炎症性細胞浸潤が深層部へ波及している像が少数例において認められた。

稿を終るにあたり、本研究に終始御懇篤な御指導と御校閲を賜った恩師豊田静夫教授ならびに口腔病理学講座上野正康教授に対し、深甚なる感謝の意を表します。

また、終始本研究に御協力をいただきました口腔病理学教室員ならびに三宅茂樹講師をはじめ補綴学教室員各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 青木英希・加藤一男・小木曾 誠・田端恒雄：アパタイトの歯科材料への応用に関する研究（第二報）—人工歯根への利用—。歯理工誌 18：86—89, 1977.
- 2) 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.
- 3) 小木曾 誠：アパタイト表面における骨組織形成ならびにその石灰化について。口病誌 50：1—22, 1983.
- 4) Denissen, H.W. and Groot, K. : Immediate dental root implants from synthetic dense calcium hydroxylapatite. *J. Prosthet. Dent.* 40 : 551—565, 1979.
- 5) Gumaer, K.I., Sherer, A.D., Slighter, R.G., Rothstein, S.S. and Drobeck, H.P. : Tissue response in dogs to dense hydroxylapatite implantation in the femur. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 44 : 618—627, 1986.
- 6) Denissen, H.W., Veldhuis, H.A. and Rejda, B.V. : Dense apatite ceramic (DAC) implant systems: A preliminary report. *J. Prosthet. Dent.* 49 : 229—233, 1983.
- 7) 小木曾 誠・石田光輔・田端恒雄：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、東京、1983, 47—62.
- 8) 館野常司：サファイアインプラントと咬合。セラミックインプラントの実際。クインテッセンス出版、東京、1983, 175—183.
- 9) 末次恒夫：インプラントの咬合と機能。The Quintessence, 別冊骨内インプラントの限界と可能性：151—166, 1984.
- 10) 三谷春保：インプラントと咬合論。歯界展望, 別冊インプラントの臨床：79—89, 1975.
- 11) 懸田利孝・浅野 宏・三浦克之・最上 敬：バイオセラム・サファイア・インプラントの上部構造について。歯界展望 52：371—375, 1978.

- 12) 田端恒雄・小木曾 誠：アパタイトセラミックインプラント. 歯科ジャーナル 18:337—348, 1983.
- 13) Hamner, J.E. and Reed, O.M.: The complex factor in tooth implantation. *J. Biomed. Mater. Res. Symposium* 2:297—310, 1972.
- 14) Hodosh, M., Povar, M. and Shklar, G.: Development of the self-supporting polymer tooth implant. *J. Biomed. Mater. Res. Symposium* 4:205—216, 1973.
- 15) 杉本忠雄：バイオセラムインプラントに関する実験的研究. 九州歯会誌 38:1—49, 1984.
- 16) 峯崎 恵：セラミックインプラントを応用した咀嚼機能回復に関する実験的研究. 九州歯会誌 40:91—118, 1986.
- 17) 橋本正毅：機能圧を負荷した単結晶アルミナセラミックインプラント周囲の組織構造に関する実験的研究. 広大歯誌 17:138—153, 1985.
- 18) 小木曾 誠・金田浩之・荒崎淳三・石田光輔・塩田 真・三羽敏夫・田端恒雄・山崎安晴・一条 尚：機能的負荷状態下における Hydroxyapatite Ceramics Implant について (会). 口病誌 48:189—190, 1981.
- 19) 石田 治・林 順滋・竹下信義・永井教之・西嶋克己・田村博宣・白須賀英樹・友沢 基・高梨吉郎・黒住忠正・野上宏一・木庭茂治：多結晶 ZrO_2 セラミックインプラントに関する実験的研究 (会). インプラント誌 7:134, 1986.
- 20) 三嶋 顕・吉田俊之・鍵谷隆一・川野正裕・湯浅保宏・針谷 毅・永山正人：セラミックインプラントの上部構造についての考察. 北海道歯科医師会誌 37:199—203, 1982.
- 21) 尾澤文貞：インプラントの成功の鍵は補綴. *Dent. Dia.* 6:56—57, 1980.
- 22) 坂本 裕・三嶋 顕：サファイアインプラント上部構造に関するラボワーク. セラミックインプラントの実際. クインテッセンス出版, 東京, 1983, 209—226.
- 23) 岡本良孝：咬合圧と歯周組織との関連に就いての実験的研究. 歯科医学 22:416—460, 1959.
- 24) 谷口 勉：補綴学上からみた外傷性咬合の実験的研究. 歯科医学 28:330—397, 1965.
- 25) Kameyama, Y.: Histopathologic and autoradiographic studies of the changes of the rat periodontium in experimental traumatic occlusion. *Bull. Tokyo. Med. Dent. Univ.* 15:339—357, 1968.
- 26) 村山陽一：実験的な外傷性咬合による歯槽骨石灰化像の変化. 歯基礎誌 11:80—105, 1969.
- 27) 高木勇蔵：外傷性咬合による歯の支持組織の変化に関する実験的研究. 広大歯誌 10:70—88, 1978.
- 28) 今村 實：咬合性外傷の発現から修復までの病理組織学的ならびに組織化学的研究. 九州歯会誌 39:131—150, 1985.
- 29) Waerhaug, J.: Pathogenesis of pocket formation in traumatic occlusion. *J. Periodontol.* 26:107—118, 1955.
- 30) Bhaskar, S.N. and Orban, B.: Experimental occlusal trauma. *J. Periodontol.* 26:270—284, 1955.
- 31) 浦井照彦：実験的外傷性咬合による歯周組織の変化に関するX線学的研究. 日歯周歯 15:173—208, 1973.
- 32) 本間 博：実験的咬合性外傷のサル歯周組織に及ぼす影響に関する研究. 日歯周誌 19:289—302, 1977.
- 33) 玉川 博：過剰な側方咬合圧による歯の支持組織の変化に関する実験的研究. 広大歯誌 12:14—32, 1980.
- 34) 石川悟朗・秋吉正豊：口腔病理学Ⅰ. 永末書店, 京都, 1977, 486—489.
- 35) 石田光輔：アパタイトセラミックス・インプラントの骨組織による保持に関する組織学的研究. 口病誌 51:333—371, 1984.
- 36) 小木曾 誠：アパタイト・セラミックスとデンタル・インプラントについて. *The Quintessence* 4:61—79, 1985.
- 37) 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との関連性に関する組織学的研究. 口病誌 52:233—287, 1985.

- 38) Brunski, J.B., Moccia, A.F. Jr., Pollack, S.R., Korostoff, E. and Trachtenberg, D.I. : Stages in bone repair around dental bladevent implants. *J. Dent. Res.* **56** : AADR abstracts 1379, 1977.
- 39) 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.
- 40) Brunski, J.B., Moccia, A.F. Jr., Pollack, S.R., Korostoff, E. and Trachtenberg, D.I. : The influence of functional use of endosseus dental implants on the tissue-implant interface. I. Histological aspects. *J. Dent. Res.* **58** : 1953—1969, 1979.
- 41) Brånemark, P.I. : Osseointegration and its experimental background. *J. Prosthet. Dent.* **50** : 399—410, 1983.
- 42) 上木貴弘 : 歯科用セラミックスインプラント材への歯垢微生物の付着に関する研究. 日大歯学 **60** : 77—83, 1986.
- 43) 和久田 尚・小木曾 誠・田端恒雄 : アパタイトセラミックス・インプラント周囲の汚染と周囲組織との関係について(会). インプラント誌 **7** : 157, 1986.
- 44) 大口弘和・青 久昭・佐原紀行・鈴木和夫 : ハイドロキシアパタイトセラミックスインプラントに関する組織学的研究—埋入と非埋入における比較—. 松本歯学 **12** : 181—188, 1986.
- 45) 倉科憲治・小谷 朗・田中 寿・都田芳弘・尾野幹也 : Ceramics 材料の臨床応用に関する研究. —第一報 : Dense calcium hydroxyapatite ceramics に対する骨の反応. 信州医誌 **30** : 161—173, 1982.
- 46) 青 久昭・大口弘和・佐原紀行・鈴木和夫 : セラミックスインプラントに関する組織学的研究. 松本歯学 **11** : 277—286, 1985.