歯肉に対する金属焼付ポーセレン冠の 影響に関する実験的研究

尾 島 裕 夫

Experimental Studies of the Effect of Porcelain-fused-to-metal Crown on Marginal gingiva

Hiroo Ojima

緒 言

金属焼付ポーセレン冠は、十数年前、歯冠補綴学の分野に導入されて以来、ポーセレンの審美的、組織親和性、耐磨耗性、非熱伝導性、ならびに全部鋳造冠の強度を具備した補綴物として、前歯部および臼歯部補綴において広く適用されている。

しかし、この補綴物に関して、臨床的な立場から種々の問題点¹⁻⁵⁾がクローズアップされてきた。すなわち、支台歯形成、使用材料、適合性、色調、形態、歯肉や歯髄に対する影響、ポーセレンの破折などに関する事項である。支台歯形成については、唇面の削除量の多いこと、形成時に歯肉を損傷しやすいことが挙げられ、使用材料とくに焼付用金属については、歯肉に何らかの影響を及ぼすのではないかという疑いがもたれている⁵⁾。歯冠の支台歯に対する適合については、支台歯形態が全部鋳造冠に比較して複雑であること、鋳造、ディギャッシング、陶材焼成過程などの技工操作において冠が変形する⁶⁻¹¹⁾といわれ、良好な適合性の得がたいことが挙げられる。また、天然歯のような色調や形態を再現するには、高度の技術が必要である。さらには、冠装着後、歯肉に発赤、腫脹、変色、退縮などの諸症状¹²⁻¹⁶⁾が発現したり、歯髄の疼痛やポーセレンの剝離・破折^{15,17)}が起こることも報告されている。これらの中でも、金属焼付ポーセレン冠の予後に関して、対応する歯肉に炎症症状がしばしばみられることが重要な問題として取り上げられている。

以上の事項に関する金属焼付ポーセレン冠の研究は、従来から数多くなされているが、生物学的見地に立った基礎的な研究は非常に少なく、金属焼付ポーセレン冠を装着した場合、対応する歯肉への影響に関して、組織学的に明らかにした研究報告はほとんどみられない。

本研究は、全部被覆冠が歯周組織に及ぼす影響に関する研究の一環であり、金属焼付ポーセレン冠を装着した場合、この補綴物が歯肉に対してどのような影響を及ぼすかを明らかにする目的で、実験的に冠を動物に装着し、歯肉の変化を肉眼的、組織学的に観察するとともに、生体組織埋入実験などによる使用金属に対する検討、および冠の歯頸辺縁部における走査型電子顕微鏡による観察を行うことによつて、補綴臨床に役立てようとしたものである。

材料および方法

実験 A : 生体組織埋入実験

I. 組織学的観察

ポーセレン試料 (B.F. Vacuum Porcelain : C 社) の大きさは、 $8.0 \times 2.0 \times 0.8$ mm とし、金属試料 (セラミック・ゴールド : S 社) は、 $8.0 \times 2.0 \times 0.3$ mm とした。ポーセレン試料は、純パラジウム箔 (厚さ 20μ , S 社) を利用して焼成し、艶焼きを行つた。金属試料は、通法に従つて鋳造、研磨、超音波洗浄 (フッ化水素酸中) を行い、陶材焼成過程と同一の温度条件で加熱した後、サンドペーパー (# 240)、シリコンラバーホイル、スキンホイルにより仕上研磨を行つた金属 A と、陶材焼成過程と同一の温度条件を与えた後、表層をカーボランダムポイントで削除し (約 50μ に相当)、サンドペーパー (# 240)、シリコンラバーホイル、スキンホイルにより

大阪大学歯学部歯科補綴学第 1 教室 (指導 : 下総高次教授)
1st Department of Prosthetic Dentistry, Osaka University Dental School (Director : Prof. Takaji Simoosa)
昭和 53 年 1 月 17 日受付

仕上研磨を行った金属Bの2種とした。これらの試料を成犬(8頭)の口蓋粘膜下(各2~4個)に埋入した。埋入後2, 7, 14, 30, 60日を経過した動物を瀉血、屠殺後、被検部を切除・摘出し、通法に従って固定、電気脱灰、セロイジン包埋を行い、ヘマトキシリン・エオジン重染色を施して検鏡した。

II. 使用金属の観察

1) 埋入前後における観察

埋入前後における金属試料について、同一部位を、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4T型)を用いて280倍で観察するとともに、X線マイクロアナライザー(KeveX 5100)により定性分析を行った。

2) 金属組織の観察

i) 金属顕微鏡、走査型電子顕微鏡による観察

金属Aの試料について、埋入前の状態の金属板と、埋入後30日、60日を経過した金属板とを、王水中で80秒間エッチングを行い、それぞれの金属組織を、シャタリエ式金属顕微鏡を用いて200倍で観察した。さらに一部を、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4T型)を用いて1,400倍で観察するとともに、X線マイクロアナライザー(KeveX 5100)を用いて、金、スズ、インジウム、鉄の各元素について、定性分析(面分析)を行った。

ii) 成分元素の定量分析

鑄造によつて5×6mm大の金属板(セラミック・ゴールド:S社)を作製し、カーボランダムポイントで研削後、フッ化水素酸中で超音波洗浄を行い、陶材焼成過程と同一の温度条件で加熱した。これをレジンに包埋し、エメリーペーパー(#500~1,500)で研磨を行い、最後にバフで仕上研磨した。この試料を走査型電子顕微鏡(JSM-50A)を用いて観察し、スズ、インジウム、鉄の3者が共存している部分を焦点とし、X線マイクロアナライザー(JXM-50A)を用いて、金、スズ、インジウム、鉄の各元素について定量分析を行った。測定条件は、加速電圧30KV、試料電流 0.5×10^{-7} A、倍率1,000倍とし、分光結晶は、金と鉄はLiF、スズとインジウムはPETを使用した。

実験B: 冠装着実験

実験動物には、歯肉が健全と認められた健康な成犬38頭(平均体重9.5kg)を用い、被検部は、上顎左右側第2・第3小臼歯を対象とした。実験群のコントロールとして、同側の第1小臼歯を用いた。

まず、ペントバルビタール・ナトリウム(0.4ml/kg)の腹腔内注射による全身麻酔を施し、スケーリングを行

った。

1週間後、全身麻酔下で、5分間歯肉圧排(ジンパック:I社)を行い、研究用模型のための印象採得(ハイテクニコール:G社)を行った。その後、エヤータービンにて、頬側歯頸部辺縁形態をショルダータイプ(ショルダー幅0.9mm、辺縁の位置は歯肉溝1/2)、舌側をシャンファータイプとした支台歯形成を行った。ついで、印象採得を行い、石膏模型上で即時重合レジン(テンプロン:G社)を用いて暫間レジン冠を作製し、酸化亜鉛ユージオールセメント(ネオダイン:N社)にて仮着した。

ついで1週間後(支台歯形成後7日)、全身麻酔下で、5分間歯肉圧排後、ポリサルファイド印象材(シュールフレックス:G社)を用いて印象採得を行い、作業用模型を作製した。

実験に用いる冠は、金属焼付ポーセレン冠と、その構成材料であるポーセレンと金属がそれぞれ単独に歯肉と接触するように考慮したカラーレス金属焼付ポーセレン冠および焼付用合金による全部鑄造冠との3種類とした。金属焼付ポーセレン冠は、頬側ショルダー部の金属の厚さを0.3mmとし、ポーセレンを指示書に従って焼成した。カラーレス金属焼付ポーセレン冠は、ショルダー部の金属露出を避けるために、純パラジウム箔(厚さ20 μ)を利用してポーセレンを焼成した。以下これをポーセレン冠と呼ぶ。全部鑄造冠は、焼付用合金を用いて作製し、陶材焼成過程と同一の温度条件で加熱した。以下これを金属冠と呼ぶ。なお、使用材料は、ポーセレンはB.F. Vacuum Porcelain(C社)、金属はセラミック・ゴールド(S社)を使用し、3種の冠には、それぞれセメント流出孔を付与した(図1)。

支台歯形成後14日に、全身麻酔下で、金属焼付ポーセレン冠、ポーセレン冠、金属冠をリン酸亜鉛セメント(マイクロセメント:S社)を用いて、手圧にて装着した。

なお、動物は固形飼料で飼育し、実験時ごとに、5%ブドウ糖20cc、VC100mgを静脈に混合注射した。歯牙の清掃は7~10日ごとに綿球で行った。

I. 肉眼的観察

歯肉の状態および冠表面におけるブランク付着の状態を、冠装着後2~180日にわたって観察した。

II. 顕微鏡的観察

1) 組織学的観察

冠装着後2, 7, 14, 30, 60, 90, 180日の期間をおいた動物を、全身麻酔下で瀉血・屠殺し、切除・摘出した被検部を、10%中性ホルマリン液で2週間固定した。つ

図 1 実験に用いた 3 種の冠の頬舌的断面図

A: 金属焼付ポーセレン冠, B: ポーセレン冠, C: 金属冠

いで、5% 塩酸中で電気脱灰を行い、5% 硫酸ナトリウム中で中和した。なお、冠は電気脱灰中に撤去した。その後、通法に従ってセロイジン包埋を行い、頬舌的に 14~20 μ の切片として、ヘマトキシリン・エオジン重染色を施し、歯肉溝を上下的に上部、中央部、下部に區別して、光学顕微鏡を用いて観察した。

2) 撤去した冠表面における付着物の観察

冠装着後 2, 7, 14, 30, 60, 90, 180 日の期間をおいた金属焼付ポーセレン冠 30 個、ポーセレン冠 15 個、金属冠 15 個の計 60 個を試料とした。電気脱灰中に撤去した冠を、それぞれ 1% フクシン溶液で染色し、冠表面における付着物の状態を、シャテリエ式金属顕微鏡を用いて 50 倍、200 倍で観察した。

3) 金属組織の観察

金属板試料(実験 A-II-2-i) 項の埋入前のものと同一条件の試料)と装着後 60 日、180 日を経過した金属焼付ポーセレン冠を、王水中で 80 秒間エッチングを行い、それぞれの金属組織を、シャテリエ式金属顕微鏡を用いて 200 倍で観察した。さらに、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4 T 型)を用いて 1,400 倍で観察するとともに、X線マイクロアナライザー (Kevex 5100) を用いて、金、スズ、インジウム、鉄の各元素について、定性分析(面分析)を行った。

4) 金属焼付ポーセレン冠における表面性状の観察

装着する冠と同一の条件で作製した冠の表面状態を、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4 T 型)を用いて、400 倍、2,000 倍で観察した。なお、ポーセレンは金蒸着を行って観察した。

実験 C: 冠の歯頸辺縁部(冠辺縁、セメント層、支台歯辺縁を含む)における観察

金属焼付ポーセレン冠(24 歯)、ポーセレン冠(12 歯)、金属冠(12 歯)の 3 種の冠を、実験 B の場合と同一条件で作製し、成犬(12 頭)の上顎第 2・第 3 小臼歯に装着した。装着後 2, 7, 14, 30, 60, 90, 180 日に屠殺し、被検部を切除・摘出し、10% 中性ホルマリン液中で固定した。ついで、水洗後、自然乾燥を行った。

I. 頬側面の観察

上記の試料を金蒸着後、頬側の冠辺縁、支台歯辺縁、およびセメント層表面とその付着物の状態について、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4 T 型)を用いて、200 倍、2,000 倍にて観察した。

II. 冠断面の観察

前項で用いた試料をエポン包埋し、切断機¹⁸⁾を用いて、近遠心的に 2 カ所で頬舌的方向に切断した。その切断面に金蒸着を施した後、走査型電子顕微鏡(日立-明石 MSM-4 T 型)を用いて、100 倍ないし 200 倍に拡大し、冠辺縁の支台歯辺縁に対する関係、ならびにセメント層の冠および支台歯に対する関係について観察を行った。さらに万能投影機(Nikon 6 C 型)を用い、50 倍に拡大して、冠辺縁と支台歯辺縁との間隙をしめるセメント層の厚さを測定した。なお、測定部位は、支台歯のショルダー部外縁から内方に向かって 0.1 mm の点とした。

実験結果

実験 A: 生体組織埋入実験の結果

I. 組織学的所見

[ポーセレン]

2 日: ポーセレンに相当して、その周囲に厚い線維素の層がみられ、その層の中には炎症性細胞や赤血球が多

数存在し、付近に毛細血管の拡張・充血が認められた。

7日：ポーセレンに接していた線維素はほとんどみられず、これに替って、線維芽細胞がポーセレンに平行な層として認められた。これら線維芽細胞層の周囲をしめる結合組織中には、ほとんど変化が認められなかった。

14日：ポーセレンに接していた線維芽細胞層は線維化が進み、部分的に被包化の傾向がみられた。

30, 60日：ポーセレンに相当する部分は、線維性結合組織で完全に被包化された(図2)。

〔金属A〕

2日：ポーセレンの場合とほぼ同様の所見で、金属板に相当して、その周囲には厚い線維素の層が認められ、その層の中には、炎症性細胞浸潤や赤血球が多数みられた。

7日：金属板に相当して、その周囲には線維芽細胞の層がみられ、この線維芽細胞の間には小血管が認められた。それら小血管の周囲には、ごく軽度の炎症性細胞浸潤がみられ、赤血球が少数認められる部分もあった。線維芽細胞層の周囲をしめる結合組織中にも、軽度の炎症性細胞浸潤が認められた。

14日：金属板を取り囲んでいた線維芽細胞層は、7日の所見と大差はないが、線維化が進み、被包化のきざしがところどころに認められた。

30, 60日：金属板に相当する部分は、線維性結合組織で被包化されているのが認められた。なお、それら結合組織層の厚さは、ポーセレンの場合よりも比較的厚かった(図3)。

〔金属B〕

2日：金属Aの場合とほぼ同様の所見で、金属板に相当して、厚い線維素の層で被われているのが認められた。

7日：金属板に相当して、それを囲む線維芽細胞の層が認められ、ポーセレンの場合よりもやや厚かった。

14日：金属板に相当して、線維芽細胞が層状に認められ、部分的には線維化が進んでいる所がみられた。

30, 60日：さらに線維化が進み、線維芽細胞層は厚さを減じ、線維性結合組織によって被包されているのが認められ、金属Aの場合とほぼ同様の所見であった(図4)。

II. 使用金属の観察結果

1) 埋入前後における走査型電子顕微鏡およびX線マイクロアナライザーによる観察結果

埋入後2~60日における金属A、Bいずれの場合も、埋入前と比較して金属表面の変化は認められず、微細な

キズが埋入後も鮮明に残っていた(図5~8)。

X線マイクロアナライザーによる定性分析の結果、埋入前の金属Aでは、金、白金、パラジウム、スズ、インジウム、鉄の各元素が検出され、金属Bでは、金、白金、パラジウム、鉄が検出され、スズとインジウムは検出されなかった。次いで、埋入前において観察したのと同じ部位を、埋入後に定性分析した結果、金属A、Bともに埋入前と同一の元素が検出された(図9~12)。

2) 金属組織の観察結果

i) 金属顕微鏡、走査型電子顕微鏡による観察結果

埋入前の試料に対して、埋入後30, 60日の試料をそれぞれ金属顕微鏡により比較観察すると、金属組織像は、埋入前後において類似した所見であった。走査型電子顕微鏡を用いた観察およびX線マイクロアナライザーによる面分析の結果によると、埋入前後において類似した所見で、スズ、インジウム、鉄の3者が、金を主体とした結晶間に共存しているのが認められた。なお、鉄については、金を主体とした結晶内に存在している場合もあった(図13~24)。

ii) 成分元素の定量分析の結果

スズ、インジウム、鉄の3者が共存している部分を、X線マイクロアナライザーを用いて、金、スズ、インジウム、鉄の各元素について定量分析を行った結果、それぞれの含有率(重量%)は、電子線のビーム径が約7μmの場合、金67.6%、スズ9.2%、インジウム7.8%、鉄0.8%であり、ビーム径をさらに絞って約4μmとすると、金37.5%、スズ26.7%、インジウム26.1%、鉄1.9%であった。

実験B：冠装着実験の結果

I. 肉眼的所見

金属焼付ポーセレン冠：装着後2, 7日では、冠表面にブラック付着はほとんどみられず、歯肉は比較的良好な状態を呈しており、コントロールと比較して、ほぼ同様の所見であった。14日以後は、冠の歯頸部の歯肉縁上にブラック付着が帯状に認められた。30~40日になると、歯肉縁に沿って約1mmの幅に、軽度の発赤・腫脹が認められた。50~70日には、軽度の発赤・腫脹とともに、歯肉縁は浮腫状を呈していた。80~90日以後は、歯肉縁の発赤・腫脹、浮腫が、50~70日の場合よりもやや著明となり、以後180日まで大きな変化がなく経過した。

ポーセレン冠：冠装着後2, 7日は、冠表面にブラック付着はみられず、歯肉はコントロールと比較して差異が認められず、良好な状態であった。14日以後では、ブ

表1 肉眼的所見一覧

所見	冠 期間	金属焼付ポーセレン冠					ポーセレン冠					金 属 冠				
		2~7	14~21	30~40	50~70	80~180	2~7	14~21	30~40	50~70	80~180	2~7	14~21	30~40	50~70	80~180
歯肉の発赤		—	—	±	±	+	—	—	±	±	+	—	—~+	+	+	+
歯肉の腫脹		—	—	±	±	+	—	—	±	±	+	—	—~+	+	+	+
冠表面の ブランク付着		—	+	+	+	+	—	+	+	+	+	—~+	+	+	+	+

ラック付着が冠の歯頸部の歯肉縁上に帯状に認められた。30~40日を経過すると、軽度の発赤・腫脹が歯肉縁に約1mmの幅にみられ、50~70日には、これらに加えて浮腫がみられるようになった。それ以後、80~100日では、発赤・腫脹、浮腫がやや著明に認められるようになり、180日まで大差なく経過した。

金属冠：装着後2~7日では、金属焼付ポーセレン冠の場合とほぼ同様の所見で、歯肉にはほとんど変化が認められなかったが、7日には、冠の歯頸部の歯肉縁上にブランク付着が帯状に認められた。14日には、ブランク付着を7日の場合と比較するとその程度が強くなり、一部には、歯肉に軽度の腫脹がみられるものもあつた。ブランク付着の程度は、21日以後も14日の場合と大差がなかった。21~40日になると、歯肉縁に沿って約1mmの幅に発赤・腫脹が認められた。60日以後は、発赤・腫脹、浮腫が著明に認められ、それ以後、大差がなく経過した。

以上、3者を比較すると、金属焼付ポーセレン冠とポーセレン冠とは、全期間を通じて類似した所見であり、金属冠の場合、ブランク付着は、14日以後においてほか2者よりも広範囲に認められ、歯肉には、21日以後、ほか2者よりもやや著しい症状がみられた(表1)。

II. 顕微鏡的観察結果

1) 組織学的所見

コントロール：歯肉縁はナイフエッジ状を呈し、内縁上皮は6~8層の重層扁平上皮細胞からなり、上皮付着先端は、セメント・エナメル境に位置していた。一方、外縁上皮は重層扁平上皮細胞層からなり、固有層に向かって規則正しい形の上皮突起が認められ、上皮表層部は錯角化を示していた(図25)。

支台歯形成後14日：暫間レジン冠の辺縁および支台歯辺縁部付近の表層部上皮細胞は、やや乱れた配列傾向がみられ、歯肉溝上部および中央部の上皮下結合組織中には、ごく軽微の炎症性細胞浸潤が認められた。なお、これらの変化は、冠辺縁および支台歯辺縁付近に局限していた。

金属焼付ポーセレン冠

2日：歯肉溝中央部において、冠の歯頸辺縁部に相当する表層の上皮細胞に変性傾向がみられた。直下結合組織中には、毛細血管の軽度の拡張・充血、ならびにわずかの炎症性細胞浸潤がみられた。歯肉溝上部および下部は、コントロールとほぼ同様で、変化が認められなかった(図26)。

7日：冠の歯頸辺縁部に相当する表層部上皮細胞が層状に突出しており、それら上皮細胞の膨化と染色性の低下がみられ(図28)、一部には核を失って変性に陥っている細胞もみられた。直下結合組織中には、軽微な炎症性細胞浸潤が認められた(図27)。なお、以上の変化は、冠辺縁および支台歯辺縁付近に局限していた。

14日：歯肉溝上部の上皮層にはほとんど変化が認められないが、直下結合組織中に軽度の炎症性細胞浸潤がみられた。歯肉溝中央部における表層部上皮細胞層には、膨化と剝離傾向が認められた。基底細胞層は結合組織中へ向かつてやや伸展する傾向がみられ、直下結合組織中には、中等度の炎症性細胞浸潤ならびに炎症性水腫がみられた。歯肉溝下部の上皮層および直下結合組織中には、ほとんど変化が認められなかった。

30日：歯肉溝上部における表層部上皮細胞層には剝離傾向がみられ、上皮の基底細胞層が不規則に結合組織中へ向かつて伸展する傾向がみられた。直下結合組織中には、毛細血管の拡張・充血が認められ、軽度から中等度にわたる炎症性細胞浸潤がみられた。歯肉溝中央部における上皮細胞層には、表層部において、上皮細胞間隙が広がり剝離傾向がみられ、上皮層は全体としてやや菲薄化し、直下結合組織中には、毛細血管の拡張と中等度の炎症性細胞浸潤が認められた(図29, 30)。なお、外縁上皮下の結合組織中に、軽度の円形細胞浸潤が認められた。

60日：歯肉溝上部の上皮細胞層表層は、剝離傾向がみられ、上皮層は菲薄となり、基底細胞層が結合組織中へ不規則に伸展しているのが認められた。その直下結合組織中には、上皮索を取り囲んで中等度の炎症性細胞浸潤ならびに炎症性水腫がみられた。歯肉溝中央部の上皮細胞層は、上部と同様に、菲薄となり基底細胞層の伸展が

認められた。なお、当該部上皮表層には、変性剝離した上皮細胞等の停滞物がみられ、その直下結合組織中には中等度の炎症性細胞浸潤が認められた。歯肉溝下部から上皮付着付近まで、上皮下に沿って深部に細胞浸潤が波及しているのがみられた(図 31)。

90日：歯肉溝上部から中央部にかけて、上皮細胞層は菲薄となり、基底細胞層は手指状をなして不規則に直下結合組織中へ伸展していた。その結合組織中には、結合組織線維の鬆疎化が認められ、中等度～強度の炎症性細胞浸潤とともに炎症性水腫がみられた(図 32, 33)。歯肉溝下部の上皮層にはほとんど変化が認められなかったが、直下結合組織中には、軽度の炎症性細胞浸潤がみられた。他方、外縁上皮下では、乳頭層の間やそれよりやや深部の固有層の中にも、中等度の炎症性細胞浸潤が認められた。

180日：歯肉溝上部から中央部にかけて、上皮細胞層は全く菲薄となり、中央部では一部糜爛を呈していた。直下結合組織中には、著明な炎症性細胞浸潤が認められた(図 34, 35)。

以上、金属焼付ポーセレン冠の場合、冠に接していた歯肉全体に、著明な炎症性細胞浸潤を伴う中等度の慢性歯肉炎が認められた。

なお、全期間を通じて、歯肉溝下部の上皮層には、ほとんどの場合変化が認められず、上皮付着先端はセメント・エナメル境に位置していた。

ポーセレン冠：冠装着後2日では、歯肉溝中央部における歯頸辺縁部に相当して、上皮およびその直下結合組織中に、金属焼付ポーセレン冠の場合と同様に、限局したわずかの炎症性変化が認められた(図 36)。7～14日になると、歯肉溝中央部における表層部上皮細胞の膨化や変性傾向がみられるようになり、金属焼付ポーセレン冠の場合と同様の所見であつた。30～180日には、上皮細胞層の剝離傾向ならびに菲薄化、基底細胞層の結合組織中への伸展、結合組織中の炎症性細胞浸潤、炎症性水腫、結合組織線維の鬆疎化が認められ、金属焼付ポーセレン冠の場合と類似した組織所見であつた(図 37～40)。

金属冠：2～14日では、金属焼付ポーセレン冠の場合とほぼ同様の所見であつた(図 41)。30日には、上皮細胞層の菲薄化が、すでに歯肉溝上部および中央部において認められた。なお、上皮基底細胞層が結合組織中へ伸展する傾向は、金属焼付ポーセレン冠の場合と同様に認められ、上皮下結合組織中における炎症性細胞浸潤の程度は、金属焼付ポーセレン冠の場合よりもやや強くみられた(図 42, 43)。60日になると、歯肉溝上部から中央

部にかけて、上皮細胞層の菲薄化、基底細胞層の伸展、直下結合組織中の炎症性細胞浸潤、炎症性水腫が認められ、金属焼付ポーセレン冠の場合よりも著明であつた。90, 180日を経過すると、歯肉溝上部から中央部にかけての上皮細胞層の菲薄化、上皮下結合組織中における炎症性細胞浸潤が顕著にみられ、金属焼付ポーセレン冠の場合と同様であつた(図 44)。

以上、金属焼付ポーセレン冠とポーセレン冠の場合、冠に接していた歯肉に中等度の慢性歯肉炎が認められ、金属冠の場合、装着後30～60日の所見において、ほか2者よりも著明な炎症性細胞浸潤を伴う慢性の歯肉炎が認められた(表2)。

2) 撤去した冠の表面における付着物の観察結果

金属焼付ポーセレン冠：7日以後の試料について、顕微鏡により観察すると、歯肉縁上に相当するポーセレン表面に、フクシンで赤染したやや厚みのある付着物が帯状に認められた。30日以後の試料では、歯肉縁下の部分にも付着物が認められた。なお、ポーセレン表面には点在してみられ、金属表面にはポーセレン表面よりも広範囲に認められた。歯肉縁上と縁下について比較すると、歯肉縁下の付着の程度は、歯肉縁上よりもはるかに少なかった(図 45, 46)。

ポーセレン冠：歯肉縁上の部分における付着物の状態は、金属焼付ポーセレン冠の場合とほとんど同様であつた。歯肉縁下の部分では、30日以後の試料において点在して認められ、金属焼付ポーセレン冠の場合と類似した所見であつた(図 47, 48)。

金属冠：歯肉縁上の部分では、7日以後の試料において、金属焼付ポーセレン冠の場合よりも、広範囲に付着物が認められた。歯肉縁下の部分では、14日以後から、ピンク色の薄い膜様の付着物と、やや厚みのある赤染した付着物が認められ、金属焼付ポーセレン冠の場合よりもやや広範囲であつた(図 49, 50)。

以上、3種の冠の表面における付着物の程度を比較すると、金属焼付ポーセレン冠とポーセレン冠の場合は比較的少なく、金属冠の場合はそれらよりも著明であつた。

3) 金属組織の観察結果

金属顕微鏡、走査型電子顕微鏡およびX線マイクロアナライザーを用いて、金属板試料と、装着後60日、180日の試料とについて、それぞれの金属組織を比較観察したところ、装着後においても、スズ、インジウム、鉄の3者が、金を主体とした結晶の間に存在しているのが認められた(図 51～56)。

表 2 組織学的所見一覽

部位		冠の種類 項目 日数		金属焼付ポーセレン冠・ポーセレン冠					金 属 冠							
				2	7	14	30	60	90	180	2	7	14	30	60	90
歯 肉	上 部	上 皮 形 態					やや 菲薄	菲薄	菲薄				やや 菲薄	菲薄	菲薄	菲薄
		上皮突起の 伸 展	-	-	-	±	+	+	+	-	-	-	±	+	+	+
		炎 症 性 細胞浸潤	-	-	±	±～+	+	＋～＋	＋	-	-	±	+	＋～＋	＋	＋
溝	中 部	上 皮 形 態				やや 菲薄	菲薄	菲薄	菲薄 一部露出				やや 菲薄	菲薄	菲薄	菲薄 一部露出
		上皮突起の 伸 展	-	-	-	±	+	+	+	-	-	-	±	+	+	+
	下 部	炎 症 性 細胞浸潤	-～±	±	+	+	+	＋～＋	＋	-～±	±	+	＋～＋	＋～＋	＋	＋
		炎 症 性 細胞浸潤	-	-	-～±	-～±	±	±	+	-	-	-～±	±	±	+	+

4) 金属焼付ポーセレン冠における表面性状の観察結果

ポーセレン表面：走査型電子顕微鏡を用いて 400 倍で観察すると、全般的には平滑な面であつたが、ところどころに直径数 μ ~10 μ 程度の半球形の隆起やくぼみが認められた。平滑な面を 2,000 倍に拡大して観察すると、面自身は平坦であるが、幅 1 μ 以下の微細な線状のキズがわずかに認められた（図 57）。

金属表面：走査型電子顕微鏡を用いて 400 倍で観察すると、面自体は比較的平坦であるが、表面全体にわたって線状のキズがほぼ一定方向にみられた。これを 2,000 倍に拡大して観察すると、幅約 1 μ あるいはそれ以下倍直線状の溝として認められた。これと別個に、それらの間には、直径 0.5~2 μ 程度の小孔がところどころに数個ずつ群をなして認められた（図 58）。

実験 C：冠の歯頸辺縁部における観察結果

I. 頰側面の観察結果

それぞれの冠辺縁の状態について、比較的なめらかであつたものは、金属焼付ポーセレン冠が 88.9%、ポーセレン冠が 94.1%、金属冠が 93.3%であり、そのほかは波状や鋸歯状を呈していた（図 59, 61, 63）。なお、ポーセレン冠の辺縁については、ポーセレンがわずかに欠けているのがみられた（図 64）。

支台歯辺縁の 89.8%は比較的なめらかであつたが、一部に、波状を呈していたり、ところどころで歯質が欠如し腕状欠損のみられるものがあつた（図 59, 61, 63, 64）。

冠辺縁と支台歯辺縁間のセメント層表面を走査型電子

顕微鏡を用いて 200 倍で観察すると、平坦な面ではなく全体として凹凸状で、直径 10~20 μ ないしは 50 μ 程度の小孔がところどころにみられた（図 59, 63）。2,000 倍で観察すると、直径 1~3 μ 程度の小孔が蜂の巣状に存在し、セメント層の表面全体に認められ、そのほかに、4~6 μ 程度の不定形の窪みがところどころに観察された（図 60, 62）。セメント層表面の付着物は、冠装着後 7 日頃からわずかに認められ、14~30 日ではすべての試料においてみられたが、付着の程度はさまざまであつた。60 日では付着物が多くなる傾向がみられ、90 日には、セメント層表面の大部分が付着物で覆われ、直径数 μ 程度の蜂の巣状の小孔は見分けにくい状態になった（図 64）。

II. 冠断面の観察結果

切断した試料において、冠辺縁の支台歯辺縁に対する関係、すなわち、冠辺縁のオーバーステップ、アンダーステップについて観察した結果、金属焼付ポーセレン冠では 83.3%、ポーセレン冠では 81.8%、金属冠では 82.5%の試料においてステップは認められなかつた。なお、その他の試料にはステップが認められたが、アンダーステップよりもオーバーステップの方が多かつた。

次いで、セメント層の冠および支台歯に対する関係について観察した結果、セメント層が冠辺縁と支台歯辺縁に対して過不足なく存在している場合が 74.7%で、セメント層が一方の辺縁付近で欠如している場合が 12.6%、両者の辺縁付近で欠如している場合が 10.1%、セメントが過剰な場合が 2.5%であつた。

歯頸辺縁部における冠辺縁と支台歯辺縁の間隙をしめ

るセメント層の厚さは、金属焼付ポーセレン冠の場合、27~238 μ 、平均 100.3 μ 、ポーセレン冠の場合、30~204 μ 、平均 89.6 μ 、金属冠の場合、28~210 μ 、平均 90.5 μ であった (図 65)。

考 察

金属焼付ポーセレン冠は、臨床で非常によく用いられている補綴物の一種であるが、その予後について、好ましくない諸点が指摘されている。すなわち、多くの臨床家の側から、歯肉変化や破折に関する訴えがしばしば提起された。数年前に当教室が行った患者リコールによる予後調査¹²⁻¹⁶⁾によると、多くの症例において、歯間乳頭部と歯肉縁付近に限局して、歯肉の発赤・腫脹、変色が高頻度にみられた。その後も、それらに関する問題点について討論されている²⁻⁵⁾。

金属焼付ポーセレン冠と歯肉組織の関係については、支台歯形成、歯冠形態、冠辺縁の適合性、使用材料などの事項がおもなものととして考えられる。すなわち、支台歯形成時には、唇側のショルダー部を形成する際に歯肉を損傷しやすいといわれ、歯冠形態については、唇舌的な豊隆ならびに近遠的な隣接面の形態が挙げられる。金属焼付ポーセレン冠では、唇面を最小限 1.0~1.2mm 削除する必要があるが、とくに有髄歯の場合、歯髄に対する影響を恐れて、削除量が不足になりがちであり、それをカバーするためには過豊隆になりやすい。とくに唇面歯頸部では、冠辺縁部付近で過豊隆になっているのを臨床ではしばしばみかける。このような場合、歯肉に対して健康を維持するための適度な生理的刺激が加わらず、歯肉縁付近に食渣の停滞が起こりやすく、歯周疾患の原因となる¹⁹⁾。接触点を審美的な要求からポーセレンで回復しているが、微妙な調整が困難になり、不良な場合には、歯牙の移動や食片圧入を来とし、鼓形空隙が不良な場合は、歯間乳頭を圧迫し、これらも歯周疾患の原因となりうる。冠辺縁の適合性については、唇面歯頸部辺縁形態をショルダータイプとしているため、冠の浮き上がりがそのまま間隙量として現われることや、冠の変形⁶⁻¹¹⁾なども加わって、全部鑄造冠の適合性よりも劣ることがわかっている。この適合性の不良が歯肉に対して何らかの影響を与えるであろうとする考え方がある¹⁾。他方、焼付用金合金については、その中に含まれている微量元素が、歯肉に対して為害作用を及ぼすのではないかという疑い⁵⁾ももたれている。

歯冠補綴物が歯周組織に及ぼす影響に関する研究²⁰⁻

²⁶⁾は従来から数多くなされており、組織学的観察では、継続歯^{27,28)}、合成樹脂冠^{27,29)}、全部鑄造冠³⁰⁻³⁵⁾などに関するものがみられる。しかし、金属焼付ポーセレン冠の歯周組織に及ぼす影響の如何が疑問視されているにもかかわらず、この点に関して組織学的に検討した研究報告はほとんどなく、いまだ十分に解明されていない。

そこで、金属焼付ポーセレン冠が歯肉に対してどのような影響を及ぼすかを明らかにするために、金属焼付ポーセレン冠の構成材料とその適合状態に焦点をあてて本研究を行った。すなわち、冠の構成材料については、金属焼付ポーセレン冠をその構成成分であるポーセレンと金属とに分けて考えて、カラーレス金属焼付ポーセレン冠と焼付用金合金を用いた全部鑄造冠を作製し、金属焼付ポーセレン冠を主体に冠装着実験を行った。同時に、ポーセレン及び焼付用金合金をそれぞれ単独に生体内に埋入し、その組織反応について比較検討をした。他方、冠の適合状態については、冠装着実験と全く同一の手法を用いて作製した冠を試料として観察を行った。

実験材料と方法について

ポーセレンは、本実験で行った埋入実験の場合、きわめて軽度の組織反応しか示さなかつた。この組織所見は、先人の報告と同様であつて、Mitchell³⁶⁾、Podshadley ら³⁷⁾が、艶焼きしたポーセレンのペレットをラットの皮下に埋入し、ポーセレンは金合金やレジンのなどの他の歯科材料に比較して、組織反応が最も軽度であつたのとよく一致する。本実験に用いたのは焼付用ポーセレンであり、従来のポーセレン・ジャケット冠用のポーセレンとは成分がやや異なり、微量の ZrO_2 、 TiO_2 、 SnO_2 などが含まれているが、組織反応からみても、ポーセレンのもつ物性から考えても、為害作用はないものと思われる。

焼付用金属は、貴金属系と非貴金属系に大別されるが、現在よく使用されているのは、金、白金、パラジウムを主成分とした金合金である。本実験に使用した金属は、この金合金の一種であり、組成は、金-86%、白金-6%、パラジウム-5%、その他 3% で、その他の中にはインジウムが含まれていると表示³⁸⁾されている。したがって、金、白金、パラジウムの含量の総計は 97% であるため、ほかの同種の金属と比較して大差はない。

本実験に使用した金合金について、X線マイクロアナライザーを用いて定性分析を行った結果、金、白金、パラジウム、スズ、インジウム、鉄の各元素が検出された。金、白金はイオン化傾向が小さく、組織液や唾液に対して安定性があり、非常に腐食されにくい金属である。保

志³⁹⁾は、各種純金属とその合金を家兎の背部皮下に埋入して生体組織反応を観察している。すなわち、純金および合金(20 K, 14 K)の場合、1 カ月後には、そのまわりに比較的緻密な線維形成が観察されるなど、生物学的に組織親和性があると述べている。スズの場合、1 カ月後の所見で、金属周囲は極めて薄い結合組織で被われ、生体に対してほとんど反応を示さず、鉄については、1 カ月後では、鏽の出現がみられるが、組織反応は軽度であったと報告している。鈴木⁴⁰⁾は、各種純金属を成犬の口腔粘膜下に埋入した結果、金、白金、パラジウムの場合、線維化が活発で組織為害性はほとんどないが、スズの場合、金などに比較して線維化が低調であったと述べている。さらに広田⁴¹⁾は、各種純金属の歯肉創傷治癒に及ぼす実験で、錫真空蒸着膜に接していた創面表層部は類壊死に陥り、この類壊死の組織中にスズが含まれていたと報告している。鈴木⁴²⁾は、インジウムおよびインジウム合金を犬の口腔粘膜下に埋入した組織実験において、一般にこれらは循環障害が強く、金属に接する部分や遠隔部にまで、管周囲性の細胞浸潤が観察されたと述べている。

このように、金、白金およびパラジウムの純金属の場合については、組織為害性がほとんどないとされているが、スズとインジウムの純金属については、組織為害性を示す場合のあることが報告されている。そこで、焼付用合金に添加されているスズとインジウムが生体組織に対してなんらかの影響を及ぼすか否かを判定するために、スズとインジウムが表層に偏在している金属と偏在していない金属とを用い、ポーセレンをコントロールとして、成犬の口蓋粘膜下に埋入し、それぞれの組織反応について比較検討した。2 種類の金属を用いたのは、陶材焼成過程と同一の温度条件で加熱した後の研削条件の相違で、スズとインジウムが金属表層に存在する場合としない場合のあることが、本研究における予備実験を通じてわかったからである。

以上の2 種金属に対する生体組織反応の観察結果から判断すると、いずれの金属試料の場合も、それぞれの組織反応に差異は認められず、ポーセレンの場合と同様に、組織為害性を示す所見は認められなかった。一方、金属表面を、走査型電子顕微鏡により観察を行い、X線マイクロアナライザーにより定性分析を行った結果、埋入前後において、両者間に差異が認められなかった。

次いで、金を主体とした結晶間におけるスズとインジウムと鉄の3 者について定量分析を試みた。その結果、鉄がごく微量であったので、鉄の含有量を1.0 とする

と、スズ：インジウム：鉄の比率は、1 回目が11.5 : 9.8 : 1.0, 2 回目が14.1 : 13.8 : 1.0 であった。さらに、微量である鉄の場合を除いてスズ：インジウムの比率を計算すると、1 回目が54.1 : 45.9, 2 回目が50.6 : 49.4 となり、2 回ともほぼ同様の値となった。すなわち、定量分析の結果から、金を主体とした結晶間において、スズが55~50% に対してインジウムが45~50% の比率で存在していることが明らかになった。このような比率でスズとインジウムが存在している場合には、面心正方晶の結晶と単純六方晶の結晶の2 相が混合した状態とみなすことができる⁴³⁾。

以上のことから、本実験に使用した焼付用合金については、スズとインジウムは、金、白金、パラジウムを主体とした面心立方晶の結晶間において、面心正方晶と単純六方晶の2 相から成る結晶として共存していることが推測される。そして、微量の鉄は、それらスズとインジウムの結晶と共存しているものと思われる。

なお、鉄が金を主体とした結晶内に存在している場合がみられたが、鉄は金に対して3% (重量%) 以下の含有率の場合は固溶体を形成するとされており⁴³⁾、本実験に使用した金属における鉄の金に対する含有率が3% よりもきわめて少ないことから考えて、このような場合も固溶体を形成しているので、為害作用はないものと思われる。

埋入実験の場合、金属板は生体組織内の閉鎖された状態で組織液と接触しているので、口腔内の場合と比較すると、比較的安定した環境下にあるといえる。このような状態のもとに埋入された金属試料について、走査型電子顕微鏡を用いて観察したところ、埋入前後において、金属表面の変化はなく差異が認められなかった。

以上の生体組織埋入実験の所見、および使用金属に対する検討を行った結果から判断すると、従来から一般に、組織に対する金属の材質的な影響⁵⁾が考えられていたが、本実験に使用した焼付用合金については、材料自体による生体組織への影響はほとんどないものと考えられる。

冠装着実験について考察する前に、実験に用いた歯牙の条件について述べておく。

まず、術前の観察において、左右側第1 小臼歯から第3 小臼歯までの6 歯については、プラーク付着は肉眼的に差異が認められなかった。そこで冠装着実験は第2, 第3 小臼歯を対象として行い、同側の第1 小臼歯をコントロールとして用いた。一般には、ヒトの場合、口腔内の部位によりプラーク付着は異なるといわれているが、

犬の場合、実験対象とした部位の歯牙は、接触点がなく孤立歯であるため相互間の影響が少ないこと、上下の歯牙の間にかかなりの大きさの食物が入らない限り咬合しないことなどにより、プラーク付着の状態に差異が認められなかったものと考えられる。

支台歯形成時には、歯肉を損傷しないようにいかに注意深く操作を行っても、多少は傷害を与えるものである。下総ら⁴⁶⁾は、種々の切削器具による歯肉創傷について、9～15日間で完全に治癒すると述べている。Löe⁴⁷⁾は、支台歯形成によつて結合組織が露出しても、損傷を受けていない上皮の基底細胞から新しい上皮が増殖し、8～14日で完全に治癒すると報告している。一方、歯肉圧排に関しては、8% 塩酸エピネフリンを浸みこませた綿糸で5～10分間歯肉圧排した場合、歯肉の損傷は10日までに治癒すると報告⁴⁸⁾されている。本実験における支台歯形成後14日の組織所見では、暫間レジン冠辺縁部に限局して、表層部上皮細胞のわずかな配列の乱れと、直下結合組織中にごく軽微の炎症性細胞浸潤がみられた。したがって、支台歯形成や歯肉圧排による損傷は、ほとんど治癒した状態で本実験を開始した。

暫間レジン冠の作製にあたっては、レジンの遊離モノマーによる刺激を少なくするために、石膏模型上において作製後、一定時間を置き、その形態については、天然歯の状態に回復するように配慮した。

支台歯の頰側歯頸部辺縁形態をショルダータイプとした理由は、現在、金属焼付ポーセレン冠に最も広く臨床で用いられていること、歯肉縁に対する支台歯辺縁の位置が明瞭にわかることなどが挙げられる。なお、金属冠、ポーセレン冠についても同一の辺縁形態を採用し、実験条件を一定にした。冠の形態については、元どおりの歯冠形態を回復するため、研究用模型を参考にし、とくに頰側歯頸部付近の豊隆に留意して作製した。

ここで、冠装着実験に使用した金属の歯肉に対する影響について考察する。まず問題になるのは、露出した金属である。頰側における辺縁歯肉は、幅約0.3mmの金属と接している。この金属表面に、スズやインジウム、鉄の共存している部分が、どの程度に存在するかを推定する計算を行つた。図51を例にとつて説明すると、撮影倍率は490倍である。この写真上で、金属の左右幅(近遠心的)は約0.2mmに相当し、同じく上下の幅(歯軸方向)は約0.16mmに相当する。頰側歯頸部に露出した金属は、近遠心的には約10mm、幅約0.3mmであるので、近遠心的には50枚、歯軸方向には2枚、すなわち写真100枚分が頰側の金属表面全体に該当する

ことになる。一方、スズやインジウム、鉄の存在する部分は、1枚の写真上に多くて1～2個認められるので、頰側の金属表面全体では、約100～200個程度の存在が推定され、これを面積的に換算すると、全表面積の数%以内と推測される。このように、金属表面に露出しているスズやインジウム、鉄の存在する部分の総和は、比較的狭いことがわかる。

つぎに、金属の腐食についてであるが、本実験に使用した金属は、金、白金、パラジウムの含有率が97%であるため、非常に腐食されにくいと判断される。しかし、スズやインジウム、きわめて微量の鉄が結晶粒界に存在しているため、この部分では、金属表面の不均一組成に起因する極微な電池形成のおこる可能性が考えられる。この問題について考察すると、本実験に用いた金属の表面については、このような部分が埋入前、埋入後、冠装着後において認められた。このことは、成分元素が単一に遊離しなかったことを示している。一方、金属に対する犬の口腔内に関しては、固型飼料と水だけで飼育しているため、温度の変動は少なく、pHの変動もあまり大きくないと推定されるが、口腔衛生という点ではヒトの場合よりも劣っている。このような口腔内の条件下における組織学的観察では、金属焼付ポーセレン冠の金属部分と金属冠に接していた歯肉の組織所見を、ポーセレン冠の組織所見と比較すると、金属の材質的な有害作用と考えられる反応は認められなかった。

冠装着実験について

冠装着後の観察初期(2, 7, 14日)において、冠の歯頸部辺縁部に相当する歯肉溝上皮の表層部細胞が膨化し、変性傾向に陥り、直下結合組織中に限局した軽度の炎症性細胞浸潤が認められた。

以上の所見に対して、影響を及ぼすと考えられる各事項について考察を加える。

まず、冠装着直後において、対応する歯肉は、セメントの遊離リン酸の刺激による影響を被ることが考えられる。堤ら⁴⁹⁾によれば、リン酸亜鉛セメントにおけるpHの変化は、練和時には約pH 1.6であるが、24時間後にはpH 6.0～6.7程度になり、1週間後にはpH 7付近になるといわれている。したがって、装着直後は遊離リン酸による化学的影響を被ることが想定されるが、装着後2日のセメント層に接する歯肉の組織反応から判断して、一過性のものとみなされるため、ほとんど考慮に入れる必要はないと思われる。

つぎに、歯頸部辺縁部における冠の適合状態による影響が考えられる。すなわち、冠辺縁、支台歯辺縁およびそ

の間に存在しているセメント層の状態、ならびにそれらそれぞれの相互関係が問題となる。

歯頸辺縁部の頰側面を走査型電子顕微鏡により観察した結果、冠辺縁および支台歯辺縁は比較的なめらかであった。しかし、支台歯辺縁については、ごく一部に歯質の欠損した部分がみられたが、角田ら⁵⁰⁾が碗状欠損としてすでに指摘しているように、これはテクニック上、避けられないことである。

冠辺縁と支台歯辺縁は、セメント層が介在することによつて、そこには種々の形状が出現する。冠辺縁と支台歯辺縁がそれぞれセメント層とステップを形成している場合、および冠辺縁と支台歯辺縁がステップを形成している場合は、このステップ状の辺縁が歯肉に対して機械的刺激を与えることが考えられる。このことについて、Körber ら⁵¹⁾は、冠辺縁が 100~150 μ のステップを形成している場合、歯牙の生理的動揺により、内縁上皮が機械的刺激を被ると述べている。本実験の場合には、食物摂取中における歯牙の生理的動揺や食塊の流れによる歯肉に対する刺激、および頬や舌の運動により遊離歯肉が圧迫されることによつて、内縁上皮が機械的刺激を被るものと考えられる。さらに、このようなステップが存在していると、異物の停滞が起こりやすくなることは容易に想像できる。

本実験におけるセメント層の厚さは、3種の冠ともに平均 90~100 μ であり、従来報告された全部鑄造冠^{31,51~53,66)}における臨床的な許容範囲とされている 30~50 μ よりも、2~3 倍という大きな値を示した。現時点では、金合金や金パラジウム合金を用いた全部鑄造冠における正確な辺縁封鎖は、50 μ の間隙までとされている。このことについては、一般に、ディギヤッシングや陶材焼成過程などの操作により冠が変形^{6~11)}すること、本実験の場合、頰側と舌側の金属の厚みに差があること、冠の形態がリング状であるために操作過程に變形しやすいことなどが挙げられる。そして、支台歯の歯頸部辺縁形態がショルダータイプであるため、冠の變形が浮き上りとしてそのまま現われたものと考えられる。

冠の歯頸辺縁部におけるセメント層表面の性状について考察を加えると、頰側面から観察すると、表面は全体として凹凸状であった。これは、冠装着時に、硬化した過剰のセメントをスケーラーなどで除去する際、セメントの破壊された面が出現したためであろう。つぎに、その表面にみられた直径 10~20 μ あるいは 50 μ の小孔については、冠断面を観察した場合にも、セメント内部にそれらと類似した小孔がみられたことにより、おそら

く気泡^{34,35)}であろうと推定される。すなわち、歯頸辺縁部付近に存在していた気泡腔が、冠装着時に過剰のセメントを除去する際、表面に小孔として露出したものであろう。さらに、本実験においてはじめて観察されたセメント表面における蜂の巣状の直径数 μ 程度の小孔については、セメントは練和後約 10 数分で口腔内にさらされ、一応は硬化しているがまだ反応性は残っており、滲出液や血液、さらには唾液などと接触し、セメント表面が溶解してできたものと推定される。その根拠としては、セメント層の表面全体にみられたこと、空気中で水分と接触しないで硬化したものとはその表面の状態が異なること（空気中で硬化した場合は、針状や棒状の結晶がみられる）、硬化時間は 10 分程度であるが、pH の変化は練和後約 1 週間ある⁴⁹⁾こと、セメントには溶解性と崩壊性^{54,55)}のあることなどが挙げられる。そして、セメントの硬化機構⁵⁶⁾から考えて、小孔の壁を形成しているのは、正リン酸と酸化亜鉛の反応した第 3 リン酸亜鉛の基質の部分で、硬化が完全に終了していない時に、未反応の基質が溶解した跡であろうと推定される。さらに、大きさが 4~6 μ 程度の不定形のくぼみは、その大きさや形態から判断して、未反応の酸化亜鉛の粒子が脱落した痕跡と考えられる。

このように、セメント層表面は、冠辺縁部や支台歯辺縁部の表面と比較して、非常に粗糙な面であることがわかった。すなわち、図 59, 60 のように、全体としてさまざまな凹凸状をなし、さらに、蜂の巣状の小孔が存在しているため、これと接触している歯肉が動揺するたびに、あたかも軽石で擦過されるような状態になるものと思われる。このような機械的な刺激は、歯肉に炎症をひき起こす要因の 1 つと考えられる。

なお、セメント自体の溶解が考えられるが、硬化後のセメント塊を人工唾液に 60 日間浸漬した予備実験において、セメントの溶解はほとんど認められなかったことより、本実験における期間内では、セメントの溶解に伴う影響はほとんどないものと思われる。

炎症のはじまり方については、3種の冠ともに、冠の歯頸辺縁部に接する歯肉に局限して、炎症のひき起こされるのが同様に認められた。これには、金属の材質的な影響がないこと、この時期においては、セメントの溶解がないこと、プラーク付着が少ないことなどからみて、冠の歯頸辺縁部における適合状態の不良に基づくものと考えられる。すなわち、セメント層の厚さが 90~100 μ もあり、さらに、セメント層表面が非常に粗糙であることが最も大きな要因と考えられる。なお、3種の冠にお

いて、セメント層の厚さには 10μ 前後の差はあつたものの、この程度では、組織反応に差異が現われなかつたものと思われる。

最後に、付着物の影響について述べると、観察初期においては、肉眼的観察による歯肉縁上のプラーク付着は非常に少なく、金属顕微鏡による撤去した冠表面の観察では、歯肉縁下の部分にほとんど付着物が認められなかつた。また、走査型電子顕微鏡による歯頸辺縁部の観察では、一部にわずかの付着物の認められたものがあつたが、付着物は全般に少なかつた。したがつて、この時期には、付着物による影響は比較的少ないものと考えられる。

以上のごとく、観察初期においては、主として歯頸辺縁部における冠の適合状態、すなわち冠辺縁、支台歯辺縁およびセメント層間の状態に基づく機械的刺激によつて、冠の歯頸辺縁部に相当する歯肉に局限して、炎症性細胞浸潤を伴う軽度の炎症がひき起こされたとみなすことができる。

観察中期(30, 60日)においては、冠に接していた上皮層が剝離傾向を示し菲薄化するとともに、基底細胞層が結合組織中へ伸展し、上皮下結合組織中には、軽度～中等度の炎症性細胞浸潤が認められた。すなわち、初期にひき起こされた炎症がさらに進行した所見がみられた。それらに影響を与えらると思われる事項について考察する。

まず、撤去した冠をフクシンで染色してその表面を金属顕微鏡により観察すると、ピンク色を透明感のある非常に薄い膜様の付着物と、赤く染色されたやや厚みのある付着物が、歯肉縁上および歯肉縁下に相当する部分に認められた。これらは、肉眼的観察でプラーク付着のみられた歯肉縁上の部分に相当して認められたこと、機械的に除去しないと脱離しないこと、フクシンにより赤く染まることなどから判断すると、膜様の付着物はプラーク形成の最初の段階であるムコ多糖類の被膜(獲得性薄膜)^{57,58)}であり、やや厚みのある付着物はプラークであると考えられる。そのような被膜の付着物について、Theilade⁵⁹⁾は $0.05\sim 0.4\mu$ の厚さであると報告している。

つぎに、金属冠の場合の組織反応が、ほか2者よりもいく分顕著にみうけられた。これに対して、肉眼的観察によるプラーク付着および金属顕微鏡による冠表面の付着物の観察において、金属冠の場合は、金属焼付ポーセレン冠やポーセレン冠の場合と比較すると、歯肉縁上、歯肉縁下ともに、プラーク付着がより著明に認められ

た。以下、このことについて考察する。

歯牙や修復物表面へのプラーク付着に関しては、まず表面粗さが考えられるが、そのほかにぬれや、最近では表面自由エネルギーの問題^{61,63)}が考えられている。

表面粗さについては、修復物表面が粗いとプラーク付着が促進されると報告⁶⁰⁾されている。Wise⁶¹⁾は、各種修復物表面に口腔内で一旦プラークを形成させて、ブラッシングによる脱離抵抗に関する実験を行い、金属はポーセレンよりもプラークが付着しやすく除去されにくいと述べている。

ぬれについて、Glantz⁶³⁾は、Formamideに対するヒトのエナメル質の接触角は 37.58° で、金合金のそれは 8.04° であると報告している。このことから、エナメル質に比べて金合金の表面はぬれの程度が高く、したがつて金合金の表面には異物が付着しやすいといえる。一方、純水に対する前進接触角を比較すると、艶焼きしたポーセレンと同じ性質とみなされるガラスでは $0\sim 5^\circ$ 、金では $6\sim 7^\circ$ であると記載⁶⁴⁾されている。このことから、ガラス表面の方が金表面よりもぬれやすいことになり、ポーセレン表面よりも金属表面にプラークが付着しやすい現象とは相反することになる。したがつて、種々の因子が関与している口腔内の環境下におけるプラーク付着を、単にぬれのみで説明するのは困難のように思われる。

表面自由エネルギーについて、Glantz⁶³⁾は、物質の表面自由エネルギーとプラーク付着量との間には関係があり、金属などの表面自由エネルギーの高い物質の表面には、プラークが付着しやすいと述べている。

プラークの組織に対する影響について、Eichner⁶²⁾は艶焼きしたポーセレンと研磨した金属を粘膜に接触させ、その組織反応から、艶焼きしたポーセレンの場合は組織に対してほとんど刺激を与えないが、金属の場合はいかに研磨を行つても表面には微細なキズが存在し、その表面に停滞した付着物により炎症がひき起こされたと述べている。

本実験において、装着前のポーセレンと金属の表面の状態を走査型電子顕微鏡により観察した結果、ポーセレン表面よりも、金属表面にはるかに多くのキズが認められた。このキズの多少に基づいて、金属表面にはポーセレン表面よりも付着物の程度が強く認められたと考えられる。そのために、金属冠に対応する歯肉には、ポーセレン冠の場合よりもやや強い、中等度の慢性炎症がひき起こされたものと思われる。

他方、セメント層表面については、走査型電子顕微鏡

を用いた本実験における観察によると、全体として凹凸状を呈し、直径 $10\sim 20\mu$ ないし 50μ 程度の小孔、あるいは直径数 μ の蜂の巣状の小孔などのさまざまな小孔が存在していることがはじめに判明した。このような状態にある幅約 100μ 程度のセメント層の露出面に、異物が付着しやすくなるのは当然のことである。

なお、Waerhaug⁶⁵⁾、Karlsen³²⁾ らは、歯肉縁下に冠辺縁を設定した修復物について、歯肉縁下の部分が数週～数カ月でプラークにより覆われたと述べている。本実験における観察でも類似した傾向を示していた。Waerhaug⁶⁵⁾ によると、歯肉縁上のプラーク付着は辺縁性歯肉炎の原因となり、歯肉縁下のプラーク付着は高度の辺縁性歯周炎につながるといわれている。したがって、歯肉縁下のプラーク付着をいかに抑制するかが今後の課題であろう。

以上、観察中期には、歯頸辺縁部の適合状態に起因する機械的刺激に加えて、セメント層表面や冠表面などに沈着した異物による化学的刺激が2次的に加わり、その結果、冠に接していた歯肉の範囲に、中等度の慢性炎症が引き起こされたものと考えられる。

ここで、本実験において歯肉に引き起こされた炎症の程度について考察しておく。

まず、本実験の所見と比較するために、荒木³¹⁾の行った実験を以下に引用する。金-パラジウム-銀合金で作製した全部鑄造冠を、犬の歯牙に装着し、歯肉の反応について検討している。なお、冠辺縁部におけるセメント層の厚さは、平均 47μ で、臨床的な許容範囲内であつた。その結果、冠装着後 $30\sim 90$ 日において、肉眼的所見では、歯肉に発赤はみられず、組織学的所見では、冠に接して形成された盲嚢の上皮下結合組織中に軽度～中等度の円形細胞浸潤が認められたと述べている。これらの所見に対して、本実験の場合は、いずれの冠の場合も、肉眼的には、 $21\sim 30$ 日頃から発赤・腫脹がみられ、組織学的には、 $14\sim 30$ 日から冠辺縁部に相当する歯肉溝上皮の直下結合組織中に中等度の炎症性細胞浸潤が認められた。すなわち、金属焼付ポーセレン冠を装着した本実験の場合には、全部鑄造冠の場合よりも、かなり不良な所見であつた。

観察後期 ($90, 180$ 日) においては、冠に接していた上皮全体が菲薄化し、直下結合組織中には、中等度～強度の炎症性細胞浸潤や炎症性水腫が認められ、結合組織繊維の鬆疎化がみられた。すなわち中期においてみられた慢性炎症の程度がさらに亢進した所見が認められた。それに影響を及ぼすと思われる事項について考察する。

このような所見がみられる時期になると、外的刺激から生体を保護するための上皮の機能は全く低下するとともに、歯肉繊維の緊張力の低下により歯肉の拘縮力が失われるため、遊離歯肉は歯牙や冠に緊密に接しなくなり、生理的自浄作用の低下も加わって、細菌や食渣などが歯肉溝内へ入りやすくなると考えられる。そのため、走査型電子顕微鏡による冠の歯頸辺縁部の観察にみられたように、セメント層表面や冠辺縁部に、付着物が比較的多く認められたのであろう。そして、それら付着物に基づく化学的刺激が歯肉に加わり、さらに歯肉の抵抗力の低下へとつながって行くのであろう。結局、このような状態に達すると、すでに引き起こされた歯肉の慢性炎症は、わずかな刺激によつても持続するものと思われる。

なお、以上のごとく、観察中期から後期にかけては、初期においてみられた炎症がさらに進行した所見が認められたが、ヒトの場合には、本実験の場合よりも口腔内清掃が十分に行えるので、本実験の後期において観察されたほどの炎症はみられないものと考えられる。

以上のことから総括すると、歯肉の炎症の成り立ちには、歯頸辺縁部における冠の適合不良に基づく機械的刺激が主として関与し、冠を構成する金属自体による為害性はほとんどないものと考えられる。その後における炎症の波及については、さらに歯肉縁や歯頸辺縁部における付着物に起因する化学的刺激による影響が考えられる。しかし、それら相互の関連性の詳細については、今後の研究課題であり、細菌学的、生化学的手法などを通じて研究を進めてゆく必要があろう。

総括ならびに結語

金属焼付ポーセレン冠が歯肉に対してどのような影響を及ぼすかを明らかにする目的で、金属焼付ポーセレン冠を動物に装着し、 $2\sim 180$ 日にわたって肉眼的ならびに組織学的に観察を行った。さらに、金属焼付ポーセレン冠を構成するポーセレンと金属の歯肉に対する材料的な影響を検討するために、カラーレス金属焼付ポーセレン冠と焼付用合金を用いた全部鑄造冠についても、同様の実験方法により観察を行った。また、使用材料であるポーセレンと金属の生体組織埋入実験を行い、使用金属に対する検討を加えるとともに、歯頸辺縁部における冠の適合状態について観察を行った。その結果、次のようなことが判明した。

1. 焼付用合金に対する検討を行った結果、ほぼ同量のスズとインジウムおよび微量の鉄が金を主体とした

結晶間に凝縮しており、鉄については、金と共存している場合もあることが明らかになった。以上の所見は、埋入前、埋入後および冠装着後の試料においても同程度に認められた。

2. 焼付用金合金を口蓋粘膜下に埋入した結果、いずれの金属の場合も、ポーセレンと同様に組織為害性を示す反応は認められず、他方、埋入前、埋入後において、金属表面における変化も認められなかったことから、生体組織に対する金属自体の影響はほとんどないものと考えられる。

3. 金属焼付ポーセレン冠とカラーレス金属焼付ポーセレン冠および焼付用金合金を用いた全部鑄造冠について、歯頸辺縁部の適合状態は以下の所見であった。

冠辺縁と支台歯辺縁との間隙をしめるセメント層の厚さは、金属焼付ポーセレン冠の場合、 $27\sim 238\mu$ 、平均 100.3μ 、カラーレス金属焼付ポーセレン冠の場合、 $30\sim 204\mu$ 、平均 89.6μ 、焼付用金合金による全部鑄造冠の場合、 $28\sim 210\mu$ 、平均 90.5μ と大きな値を示した。

セメント層の表面は、全体としてさまざまな凹凸状をなし、直径 $10\sim 20\mu$ ないし 50μ 程度の小孔がところどころにみられ、さらには直径数 μ の小孔が蜂の巣状に認められ、非常に粗雑な面であることが明らかになった。

4. 冠表面の付着物については、焼付用金合金で製作した全部鑄造冠の場合、ほかの場合よりも付着物が比較的広範囲に認められた。これは、ポーセレンと金属との表面性状の差異に基づくものと考えられる。

5. 歯肉辺縁の炎症について、金属焼付ポーセレン冠、カラーレス金属焼付ポーセレン冠および焼付用金合金を用いた全部鑄造冠を装着した場合において、ほぼ類似した肉眼的、組織学的所見が認められた。すなわち、まず、冠の歯頸辺縁部に相当した歯肉に限局して、表層部上皮細胞の膨化・変性および直下結合組織中に軽度の炎症性細胞浸潤が認められ、その後、冠に接していた歯肉全体に慢性的炎症性変化が認められた。これを要するに、まず、冠の歯頸辺縁部における適合不良に基づく機械的刺激により歯肉に炎症が引き起こされ、その後引き続いて、付着物などによる化学的刺激も加わつて、冠に接する歯肉全体に炎症が波及したものと考えられる。

これらのことから、金属焼付ポーセレン冠装着に伴う歯肉への影響を少なくするためには、歯頸辺縁部における冠の適合状態の改善が最も必要であることが示唆された。

稿を終るに臨み、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜つた下総高次教授に深甚なる謝意を表します。また、金属組織に関してご教示を頂いた大阪大学工学部山根壽己教授に謹んで感謝申し上げます。さらに、走査型電子顕微鏡写真の撮影に際し、ご協力を頂いた本学歯学部中央研究室の石丸昌司技官、および激励と援助をして下さった当教室員諸兄に対し厚く御礼申し上げます。

本研究の要旨の一部は、第 63 回日本補綴歯科学会（1976 年 9 月 26 日）において発表した。

文 献

- 1) 下総高次：クラウン・ブリッジの予後とその問題点、補綴臨床、4：183～186、1971。
- 2) 腰原 好、他：金属焼付ポーセレンの問題点とその対策を考える、補綴臨床、6：369～402、1973。
- 3) 横塚繁雄、榎本 滋：陶材焼付け鑄造冠の失敗原因(上)―症例から対策を考える―歯界展望、44：540～545、1974。
- 4) 横塚繁雄、榎本 滋：陶材焼付け鑄造冠の失敗原因(下)―症例から対策を考える―歯界展望、44：671～678、1974。
- 5) 大阪大学歯学部創立25周年記念シンポジウム「歯科材料の問題点―特にメタルボンドについて―」、国際歯科ジャーナル、3：3～31、1976。
- 6) 安藤進夫、他：市販ポーセレン焼付用金合金の焼成時における変形、理工誌、13：237～248、1972。
- 7) 林詔一郎：陶材焼付け貴金属鑄造冠の寸法精度に関する研究、歯学、60：536～557、1972。
- 8) Shillingburg, H. T., Hobo, S. and Fisher, D. W.: Preparation design and margin distortion in porcelain-fused-to-metal restorations, J. Prosthet. Dent., 29：276～284、1973。
- 9) 中村健吾：陶材焼成時の変形、DE、30：1～5、1974。
- 10) 山田剛人：陶材熔着鑄造冠の適合精度について―製作過程における問題点―、歯科技工、3：11～19、1975。
- 11) 宮内修平：金属焼付ポーセレン冠の適合性に関する研究―歯頸部辺縁形態ならびに陶材被覆形態について―、補綴誌、20：63～86、1976。
- 12) 丸山剛郎、他：金属焼付ポーセレンの予後に関する臨床的研究 第1報 統計的観察、補綴誌、15：430～439、1971。
- 13) 丸山剛郎、他：金属焼付ポーセレンの予後に関する臨床的研究 第2報 アンケートによる調査結果について、補綴誌、15：440～447、1971。
- 14) 丸山剛郎、下総高次：金属焼付ポーセレンの予後―歯頸部歯肉の変化に重点をおいた経過観察―、歯界展望、40：905～920、1972。

- 15) 丸山剛郎, 他: 金属焼付ポーセレンの予後に関する臨床的研究 第3報 患者リコールによる診査結果について, 補綴誌, 16: 387~400, 1973.
- 16) 丸山剛郎, 他: 金属焼付ポーセレンの予後に関する臨床的研究 第4報 歯肉変化と適合性との関連性, 補綴誌, 17: 16~20, 1973.
- 17) 宮内修平, 丸山剛郎, 下総高次: 金属焼付ポーセレンの破折に関する研究, 補綴誌, 17: 235~241, 1973.
- 18) 角田篤美, 他: 歯冠と歯肉の形態に関する統計的観察, 阪大歯誌, 13: 371~379, 1968.
- 19) 保母須弥也: オーラルリハビリテーション, 東京, 昭和43, 医歯薬出版, 345~352.
- 20) 小此木信治: 金属被覆歯冠の歯牙周囲組織に及ぼす影響, 口科誌, 34: 319~324, 334~377, 421~423, 1941.
- 21) 石原寿郎, 他: 橋義歯の予後に関する臨床的考察, 口病誌, 23: 75~81, 1956.
- 22) 花村典之, 他: 継続歯の予後に関する調査(第2報), 補綴誌, 9: 115~124, 1965.
- 23) Mannerberg, F.: Gingival changes following porcelain crown therapy, Odont Revy, 22: 155~162, 1971.
- 24) 尾島裕夫, 丸山剛郎, 下総高次: 補綴物の辺縁歯肉における毛細血管形態に関する研究, 補綴誌, 17: 242~246, 1973.
- 25) Newcomb, G.M.: The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation, J. Periodont., 45: 151~154, 1974.
- 26) Maruyama, T., Simoosa, T. and Ojima, H.: Morphology of gingival capillaries adjacent to complete crowns, J. Prosthet. Dent., 35: 179~184, 1976.
- 27) 六人部慶夫: 合成樹脂継続歯冠の歯肉組織反応, 阪大歯誌, 4: 969~994, 1959.
- 28) 下総高次, 六人部慶夫: 歯冠継続歯における補綴的処置の不備による歯肉変化, 補綴誌, 6: 111~120, 1962.
- 29) Waerhaug, J.: Tissue reactions around artificial crowns, J. Periodont., 24: 172~185, 1953.
- 30) Marcum, J.S.: The effect of crown marginal depth upon gingival tissue, J. Prosthet. Dent., 17: 479~487, 1967.
- 31) 荒木啓之: 歯肉に対する全部鑄造冠の影響に関する実験的研究, 補綴誌, 13: 44~60, 1969.
- 32) Karlsen, K.: Gingival reactions to dental restorations, Acta Odont. Scand., 28: 895~904, 1970.
- 33) 原 耕二: 歯周疾患と補綴処置との関連性について, 補綴臨床, 8: 329~340, 1976.
- 34) 井上昌幸: 辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第2報 特にその歯頸側辺縁部に関する検討, 補綴誌, 21: 10~20, 1977.
- 35) 井上昌幸, 他: 辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第3報 歯冠補綴物の歯頸側辺縁部におけるリン酸亜鉛セメントの観察, 補綴誌, 21: 563~569, 1977.
- 36) Mitchell, D.F.: The irritational qualities of dental materials, J.A.D.A., 59: 954~966, 1959.
- 37) Podshadley, A.G., Harrison, J.D.: Rat connective tissue response to pontic materials, J. Prosthet. Dent., 16: 110~118, 1966.
- 38) 金竹哲也: 陶材焼付用金属, DE, 30: 30~35, 1974.
- 39) 保志信男: 諸種金属の生体内腐蝕の病理組織学的並びに組織化学的研究, 阪大歯誌, 4: 283~339, 1959.
- 40) 鈴木ツル: 歯科用合金の構成金属元素に対する口腔粘膜の組織反応に関する実験的研究, 歯科学報, 60: 815~824, 1960.
- 41) 広田賢徳: 各種純金属の歯肉創傷治癒に及ぼす影響について, 補綴誌, 11: 62~80, 1967.
- 42) 鈴木鐘美, 他: 各種歯科用金属の口腔粘膜に於ける組織反応に関する実験的研究 第2報口科誌, 2: 161, 1953.
- 43) Hansen, M.: Constitution of binary alloys 2nd ed., Chicago, 1958, McGraw-Hill Book Co., 860.
- 44) Bernier, J.L.: The histologic changes of the gingival tissues in health and periodontal disease (a preliminary report), O.S., O.M. & O.P., 3: 1194~1199, 1950.
- 45) Orban, B.: Histology and physiology of the gingiva, J.A.D.A., 44: 624~628, 1952.
- 46) 下総高次, 六人部慶夫: 創傷修復に際しての上皮細胞の移動, 阪大歯誌, 4: 1067~1079, 1959.
- 47) Löe, H.: Reactions of marginal periodontal tissues to restorative procedures, Int. Dent. J., 18: 759~778, 1968.
- 48) Harrison, J.D.: Effect of retraction materials on the gingival sulcus epithelium, J. Prosthet. Dent., 11: 514~521, 1961.
- 49) 堤 毅, 他: リン酸セメントの研究 第1報 水硬性リン酸セメントの硬化過程について, 阪大歯誌, 7: 99~107, 1962.
- 50) 角田篤美, 下総高次: 全部鑄造冠形成歯牙における歯頸部辺縁の切削状態について, 補綴誌, 10: 101~106, 1966.
- 51) Körber, K.H. und Freiburg, P.L.: Beitrag zum Problem der Randgestaltung von Ersatzkronen, Zahnärztliche Welt., 69: 440~445, 1968.
- 52) 吉田恵夫: 歯科鑄造法の実用的精度について, 補綴誌, 2: 55~82, 1958.
- 53) 広田賢徳, 他: 金属冠の適合度に関する研究 第1報

- (抄), 阪大歯誌, 13 : 271~272, 1968.
- 54) 三浦雅四, 他訳: 新版 スキンナー 歯科材料学, 東京, 昭和42, 医歯薬出版, 180~190.
 - 55) Norman, R.D., Swartz, M.L. and Phillips, R. W. : Studies on the solubility of certain dental materials, J. Dent. Res., 36 : 977~985, 1957.
 - 56) 高橋重雄: カルボキシレートセメントとリン酸亜鉛セメントの比較, 歯科評論, 381 : 65~73, 1974.
 - 57) 石川梧朗, 秋吉正豊: 口腔病理学, 京都, 昭和41, 永末書店, 157~158.
 - 58) 松正一郎訳: オルパンの最新歯周治療学, 東京, 昭和50, 技報堂, 103~109.
 - 59) Theilade, J. : Electron microscopic structure of calculus attachment to smooth surfaces, Acta Odont. Scand., 22 : 379~387, 1964.
 - 60) Waerhaug, J. : Effects of rough surfaces upon gingival tissue, J. Dent. Res., 35 : 323~325, 1956.
 - 61) Wise, M.D. : The plaque-retaining capacity of four dental materials, J. Prosthet. Dent., 33 : 178~190, 1975.
 - 62) Eichner, K. : Porzellanoberfläche-ihre Gestalt und ihre Auswirkung auf die Gingiva, Dtsch. zahnärztl. Z., 15 : 579~592, 1960.
 - 63) Glantz, P.O. : On wettability and adhesiveness, A study of enamel, dentine, some restorative dental materials, and dental plaque, Odont Revy, 20, Suppl., 17 : 1~132, 1969.
 - 64) 西 一 郎, 今井怡知朗, 笠井正威: 界面活性剤便覧, 東京, 1961, 産業図書, 186.
 - 65) Waerhaug, J. : Presense or absence of plaque on subgingival restorations, Scand. J.Dent. Res., 83 : 193~201, 1975.
 - 66) Voss, R. : Band-oder Gusskrone? Indikation und Grenzen in der zahnärztlichen Praxis, Zahnärztl., 20 : 506, 1966.

図 2 ポーセレン埋入後 60 日 (H.E 染色, 以下同様)
($\times 50$): ポーセレン (空所) を被包する線維性結合組織

図 3 金属 A 埋入後 60 日 ($\times 50$): 金属体 (空所) を被包する線維性結合組織

図 4 金属 B 埋入後 60 日 ($\times 50$): 金属体 (空所) を被包する線維性結合組織

図 5 金属 A: 埋入前の走査型電顕写真像 ($\times 280$)

図 6 金属 A: 埋入後 60 日の走査型電顕写真像
($\times 280$)

図 7 金属B：埋入前の走査型電顕写真像（×280）

図 8 金属B：埋入後 60 日の走査型電顕写真像（×280）

図 9 金属A：埋入前の定性分析

図 10 金属A：埋入後 60 日の定性分析

図 11 金属B：埋入前の定性分析

図 12 金属B：埋入後 60 日の定性分析

図 13 金属A：埋入前の金属顕微鏡像 ($\times 200$) 図 14 金属A：埋入後 60 日の金属顕微鏡像 ($\times 200$) 図 15 金属A：埋入前の走査型電顕写真像 ($\times 1,400$)。図 13 の黒枠の部分

明瞭な多角形の結晶がみられ、図の中央部に、スズ、インジウム、鉄の共存している部分が認められる。

図 16 金属A：埋入後 60 日の走査型電顕写真像 ($\times 1,400$)。図 14 の黒枠の部分

多角形の結晶がみられ、図の中央部から左端にかけて、スズ、インジウム、鉄の共存している部分が認められる。

図 17 金属A（埋入前）の面分析

Au (M)：図 15 と同一部位。白い点状群は金の存在を表示する。

図 18 金属A（埋入前）の面分析

Sn (La)：図 15 と同一部位。中央部にみられる白点群は、スズの存在を表示する。

図 19 金属A（埋入前）の面分析

In ($L\alpha$): 図 15 と同一部位. 中央部にインジウムが白点状に存在している.

図 20 金属A（埋入前）の面分析

Fe ($K\alpha$): 図 15 と同一部位. →印部分に、鉄がわずかに認められる.

図 21 金属A（埋入後 60 日）の面分析

Au (M): 図 16 と同一部位. 金の存在を表示.

図 22 金属A（埋入後 60 日）の面分析

Sn ($L\alpha$): 図 16 と同一部位. スズの存在を表示.

図 23 金属A（埋入後 60 日）の面分析

In ($L\alpha$): 図 16 と同一部位. インジウムの存在を表示.

図 24 金属A（埋入後 60 日）の面分析

Fe ($K\alpha$): 図 16 と同一部位. 鉄の存在を表示.

図 25 正常の歯肉組織像 (H.E 染色, 以下同様) ($\times 20$)

図 26 金属焼付ポーセレン冠装着後 2 日 ($\times 20$): 冠辺縁に相当する部分 (✓) に, 表層部上皮細胞層の突出がみられる。

図 27 金属焼付ポーセレン冠装着後 7 日 ($\times 20$): 冠辺縁に相当する部分 (✓) に, 表層部上皮細胞層の突出がみられる。

図 28 同上 (✓) 部拡大図 ($\times 200$): 上皮細胞は膨化し, 一部は変性に陥っている。

図 29 金属焼付ポーセレン冠装着後 30 日 ($\times 20$): 歯肉溝中央部において, 上皮細胞層がやや菲薄となっている (✓)。

図 30 同上 (✓) 部拡大図 ($\times 200$): 表層部上皮細胞層の剝離傾向と基底細胞層のわずかな伸展がみられる。直下結合組織中に, 毛細血管の拡張 (→) と炎症性細胞浸潤が認められる。

図 31 金属焼付ポーセレン冠装着後 60 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にわたる (冠に接触していた) 上皮細胞層の菲薄化と基底細胞層の結合組織中への増殖。

図 32 金属焼付ポーセレン冠装着後 90 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にわたる (冠に接触していた) 上皮細胞層の菲薄化と基底細胞層の結合組織中への増殖。

図 33 同上 (←) 部拡大図 ($\times 200$): 上皮細胞層の菲薄化と, 直下結合組織中における基底細胞層の伸展および炎症性細胞浸潤。

図 34 金属焼付ポーセレン冠装着後 180 日 ($\times 20$): 歯肉溝の上皮細胞層は全く菲薄化している。

図 35 同上 (←) 部拡大図 ($\times 200$): 上皮細胞層の菲薄化と, 直下結合組織中の炎症性細胞浸潤が認められる。

- 図 36 ポーセレン冠装着後 2 日 ($\times 20$): 歯肉溝中央部←(冠辺縁に相当する)において, 表層部上皮細胞層の形状にわずかな変化がみられる。
- 図 37 ポーセレン冠装着後 30 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にわたる(冠に接触していた)表層部上皮細胞層の非薄化。
- 図 38 同上 局部拡大図($\times 200$): 表層部上皮細胞間の境界が不明瞭となり, 基底細胞層はやや伸展する傾向がみられる。
- 図 39 ポーセレン冠装着後 90 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にわたる(冠に接触していた)上皮細胞層の非薄化と基底細胞層の伸展。
- 図 40 同上 局部拡大図($\times 200$): 上皮細胞層の非薄化と, 上皮下結合組織中における細胞間水腫および著明な細胞浸潤。
- 図 41 金属冠装着後 2 日 ($\times 20$): 歯肉溝中央部←(冠辺縁に相当する)において, 表層部上皮細胞層の形状にわずかな変化がみられる。
- 図 42 金属冠装着後 30 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にわたる(冠に接触していた)上皮細胞層の非薄化と基底細胞層の伸展。
- 図 43 同上 局部拡大図($\times 200$): 表層部上皮細胞層の変性と基底細胞層の手指状増殖。表層部に沈着物がみられる(←)。
- 図 44 金属冠装着後 180 日 ($\times 20$): 歯肉溝上部から中央部にかけて, 上皮細胞層は全く菲薄となり, 中央部では一部糜爛を呈している。

図 45 金属焼付ポーセレン冠 (颊側観, ×3): 装着後 30 日. 歯肉縁 (→←) 上に付着物が認められる.

図 46 同上: 歯肉縁下の部分 (↓) の金属顕微鏡による拡大図 (×200). 図の上半部はポーセレン表面, 下半部は金属表面. 金属表面に多くの付着物が認められる.

図 47 ポーセレン冠 (颊側観, ×3): 装着後 30 日. 歯肉縁 (→←) 上に沿って, わずかの付着物が認められる.

図 48 同上: 歯肉縁下の部分 (↓) の金属顕微鏡による拡大図 (×200). 付着物 (∟) が点在して認められる.

図 49 金属冠 (颊側観, ×3): 装着後 30 日. 歯肉縁 (→←) 上に沿って付着物が認められる.

図 50 同上: 歯肉縁下の部分 (↓) の金属顕微鏡による拡大図 (×200). 表面全体に付着物が網の目状に認められる.

図 51 金属焼付ポーセレン冠：装着後 180 日。頬側歯頸辺縁部における金属表面の走査型電顕写真像 ($\times 490$)。

図 52 同上：黒枠部の拡大図 ($\times 1,400$)。多角形の結晶間の黒い部分は、スズ、インジウム、鉄の存在を示す。

図 53 金属焼付ポーセレン冠：装着後 180 日。頬側歯頸辺縁部における金属表面の面分析 Au (M)，図 52 と同一部位。金の存在を表示。

図 54 同上：面分析 Sn (La)，図 52 と同一部位。スズの存在を表示。

図 55 同上：面分析 In (La)，図 52 と同一部位。インジウムの存在を表示。

図 56 同上：面分析 Fe (Ka)，図 52 と同一部位。鉄の存在を表示。

図 57 ポーセレン表面の走査型電顕写真像($\times 2,000$) : 直線状および黒点状の微細なキズがわずかに認められる。

図 58 金属表面の走査型電顕写真像($\times 2,000$) : 幅 1μ , あるいはそれ以下の直線状の溝が、ほぼ水平方向に認められる。

図 59 金属焼付ポーセレン冠 : 装着後 2 日。歯頸辺縁部の走査型電顕写真像($\times 200$)。図中上から、冠辺縁部の金属表面、セメント層、支台歯辺縁部。セメント層表面に、直径 $10\sim 20\mu$ および 50μ 程度の小孔が認められる。

図 60 同上 : セメント層表面(↓部)の拡大図($\times 2,000$)。直径数 μ 程度の小孔が蜂の巣状にみられる。

図 61 金属焼付ポーセレン冠 : 装着後 7 日($\times 200$)。セメント層表面は全体として凹凸状を呈している。

図 62 ポーセレン冠 : 装着後 14 日のセメント層表面($\times 2,000$)。直径数 μ 程度の小孔が全表面に認められる。

図 63 金属冠：装着後 14 日（×200）。金属冠辺縁およびセメント層表面に、付着物がわずかに認められる。支台歯辺縁の左端に碗状欠損がみられる。

図 64 ポーセレン冠：装着後 90 日（×200）。冠辺縁の微小部分が欠損している。セメント層表面（中央部）は、ほとんどが付着物により覆われており、支台歯辺縁は比較的なめらかである。

図 65 冠辺縁と支台歯辺縁との間隙をしめるセメント層の厚さ