

象牙質接着性レジンの象牙質表層部における 様相について

—そのタッグ形成とレジン窩洞に対する一提案—

細 田 裕 康 子 田 晃 一

福 島 正 義 鞍 立 暁 則

新潟大学歯学部歯科保存学第一教室（主任：細田裕康教授）

（昭和54年11月22日受付）

Mode of Penetration of Dentin-adhesive Restorative Resins into Dentin
—Concerning a Proposition for Resin Cavities—

Hiroyasu HOSODA, Kōichi KOTA,
Masayoshi FUKUSHIMA & Akinori KURATATE

Department of Operative Dentistry, Niigata University, School of Dentistry
(Director: Prof. H. Hosoda, D. D. S. D. M. Sc.)

緒 論

1962年, Bowen¹⁾により開発されたビニールシラン処理されたシリカ粒子を含むいわゆる コンポジットレジンはその物理化学的性質が従来用いられて来た MMA レジンと比較して極めて優れている²⁾ため急速に普及するに至った。しかしこのコンポジットレジンも従来の歯牙修復物と同様に歯質に対する接着性を欠くため、その辺縁漏洩現象の存在が依然問題とされて来た。

一方、修復物と歯質との接着に関しては早くから着目され、すでに 1955 年 Buonocore³⁾ はエナメル質を酸で処理することによりレジンとの間に強力な接着力が得られることを報告しており、コンポジットレジンの出現によってこの方法は具体的に応用されるようになり、歯質と接着するレジンが登場して来た。かように歯質を酸で処理することは、エナメル質に対してはレジンの接着性を向上させるが象牙質に対しては必ずしも有効ではないと考えられ、むしろ歯髄刺激の増大を恐れこれまで象牙質の酸処理は禁忌とされて来た^{4,5)}。

一方、増原ら⁶⁾により象牙質のコラーゲンに結合する MMA-TBB 系レジンが開発され、またカップリング剤を使用して象牙質との接着を行おうとするコンポジットレジン等も出現し、エナメル質のみならず積極的に象牙質と接着させようとする試みもなされている。

最近、クラレ社により新しいタイプの象牙質に接着性を有するコンポジットレジンが開発され、このレジンでは酸蝕した象牙質には未酸蝕の場合の数倍も接着力が向上する⁷⁾ことが報告され、むしろ現在では象牙質の酸処理が推奨されるようにさえなっている⁸⁾。

酸処理によるエナメル質への接着力は酸蝕エナメル質表面の微細な凹凸にレジン浸入硬化させて機械的な嵌合を期待する方法であり、この際に生ずるレジンの微細な突起はレジンタッグと呼ばれている⁹⁾。象牙質においても酸蝕された象牙質面より象牙細管中にレジンが浸入しタッグを作ることが知られているが^{10,11,12)}、かような象牙質内レジンタッグについての詳細な報告は未だなされていない様である。

表 使用したレジン修復材料

TYPE	Filling Material	Bonding Agent	Manufacturer
MMA resin	Palakav Sevriton		Kulzer De Trey
Composite resin	Clearfil Adaptic	Clearfil bonding agent Adaptic bonding agent	Kuraray Johnson & Johnson

本研究においては走査型電子顕微鏡を用い、象牙質接着性レジンの種々な条件下における象牙質内レジンタッグの浸入の程度とその形状について検討し、2, 3の考察を行い、併せて歯質接着性レジンの実際の臨床応用に対する新しい提案を試みた。

実 験 材 料

1. 使用された歯牙

長期保存抜去歯としてホルマリン溶液中に長期間保管されたう蝕のないヒト小白歯、また新鮮抜去歯として歯列矯正の目的で便宜抜去された新鮮小白歯および歯周病のため抜去された新鮮前歯が用いられた。このうち新鮮抜去歯については抜去後直ちに生理的食塩水中に浸漬され、できるだけ速やかに実験に供された。

2. 歯質酸蝕剤およびレジン修復材料

歯質酸蝕剤として Clearfil Bond System F に付属のエッチング液（正リン酸40%含有）が使用された。

接着性レジン材料として Palakav および Clearfil が、また対照として Sevriton および Adaptic が用いられた。Clearfil および Adaptic の2者についてはそれぞれ付属のボンディング剤が用いられた（表）。

実 験 方 法

実験は基礎的実験と臨床的実験に分けて行なわれた。

1. 基礎的実験

長期保存抜去歯および新鮮抜去小白歯の一部は注水下にダイヤモンドディスクを用いて歯冠をその髓角部が露出しない程度の位置で水平に切断さ

れ、その切断面は $\#600$ のエナリーペーパーで注水下に研磨された。研磨面は気銃で軽く乾燥され、その面の遠心或は近心半側のみが酸蝕剤で60秒間酸蝕され、残り半分はそのままとし、未酸蝕面から酸蝕面に向って20秒間流水にて洗滌後再び気銃で十分に乾燥された。この切断面上に Palakav および Sevriton は筆積み法により、また Clearfil および Adaptic はメーカー指示通りにボンディング剤を使用した後、強圧を加えることなく注意深く盛り上げられた。

1日後これら歯牙は10% HCl 溶液中に24時間浸漬、脱灰され、さらに10% NaOCl 溶液で残余の有機質も溶解除去された。残存レジン片は10% NaOCl 溶液と3% H_2O_2 溶液にて交互に洗滌され、注意深く水洗、乾燥後イオンコーター（IB 3 型、エイコーエンジニアリング製）にて金コーティングされた。これら処理試片の歯質に接していた面が走査型電子顕微鏡（MINISEM 9 明石製作所製）によって観察された。

2. 臨床的実験

残りの新鮮抜去小白歯は咬合面に注水下でエアータービンと電気エンジンを用いて $\#57$ および $\#557$ の平頭裂溝状バーにより1級窩洞が形成された。また、新鮮抜去前歯唇面には注水下に $\#71$ のエアータービン用バーを用いて5級窩洞が形成された。一部新鮮抜去前歯の隣接面に局在したう蝕に対してはう蝕検知液（Caries detector F, クラレ製）とラウンドバー $\#2$ を用い低速回転にてう蝕第一層¹³⁾を削除した。

これら形成窩洞全面は前述のごとく全面が酸蝕され Clearfil および Adaptic により付属のボンディング剤塗布後強圧を加えることなく修復された。

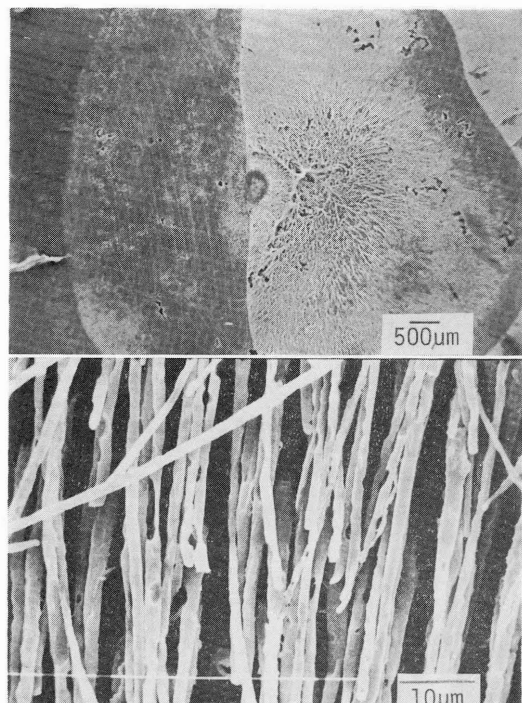


図 1 Palakav (長期保存抜去歯)

象牙質末酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

下. レジンタグの強拡大像

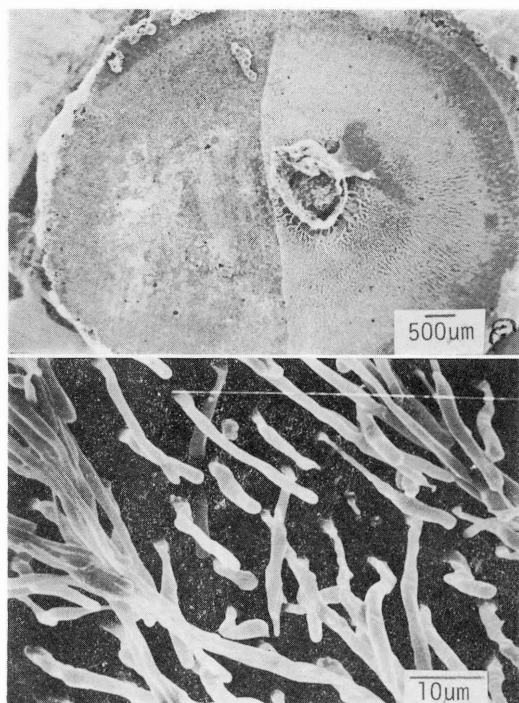


図 2 Sevrton (長期保存抜去歯)

象牙質末酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

下. レジンタグの強拡大像

これら歯牙は基礎的実験に用いたと同様の方法で溶解除去され、残余のレジン片の窩底部が SEM にて観察された。

3. 酸蝕象牙質面の観察

さらに半側を酸蝕した 小白歯の歯冠水平断面とその直角破断面、および前歯の唇面に形成され酸蝕された 5 級窩洞の窩底部も SEM にて観察された。

成 績

1. 基礎的実験について

1) 長期保存抜去歯牙における 象牙質内レジンタグの SEM 像について

図 1～図 4 に各種レジンの象牙質内タグ像を示す。一般に、酸蝕が行なわれなかった象牙質面にはレジンの浸入はみられないが酸蝕象牙質に対するレジンの浸入は著明であった。しかしエナメ

ル質直下の象牙質層にはレジンの浸入はほとんどみられず、タグのない層が観察された。

Palakav (図 1) におけるタグは長く表面はやや粗造で先端までほぼ同じ太さで移行し、ところどころに大きな丸い凹みが認められた。

一方、Sevrton (図 2) におけるタグはうねりをもってところどころくびれて一様な太さを示さず表面は滑沢で先端は丸みを帯びていた。

Clearfil (図 3) のレジンタグは象牙質中央部で 100 μm にも達し、その表面は極めて粗造で多数の小凹窩がみられ、他のレジンとは異なった像を示していた。

Adaptic (図 4) のレジンタグは数 100 μm に達し、先端までほぼ同じ太さで表面はやや滑沢であった。

2) 新鮮抜去歯における レジンタグの SEM 像について

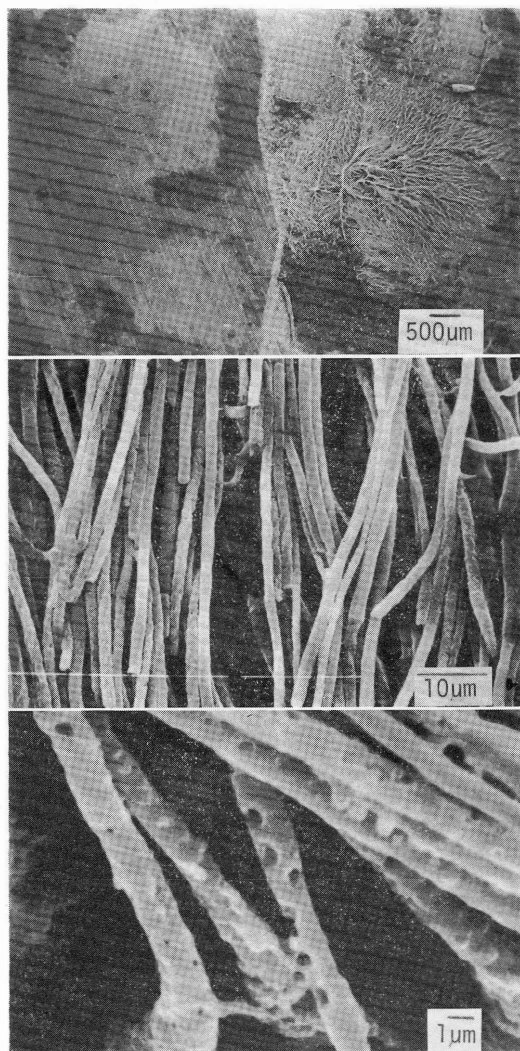


図 3 Clearfil: bonding agent使用
(長期保存抜去歯)

象牙質未酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

中. レジンタグの強拡大像

下. タグの表面像

図 5 は 10 歳男子より得られた 抜去直後の右側上顎 第一小臼歯の 歯冠水平断面に 所定の 処理の後 Clearfil を盛り上げた 例であり、図 6 は同一個人の 左側上顎 第一小臼歯に 同様の 処理を行い、Adapfic を盛り上げた 例である。両者共、長期保存抜去歯にみられたと同様に 未酸蝕象牙質面に

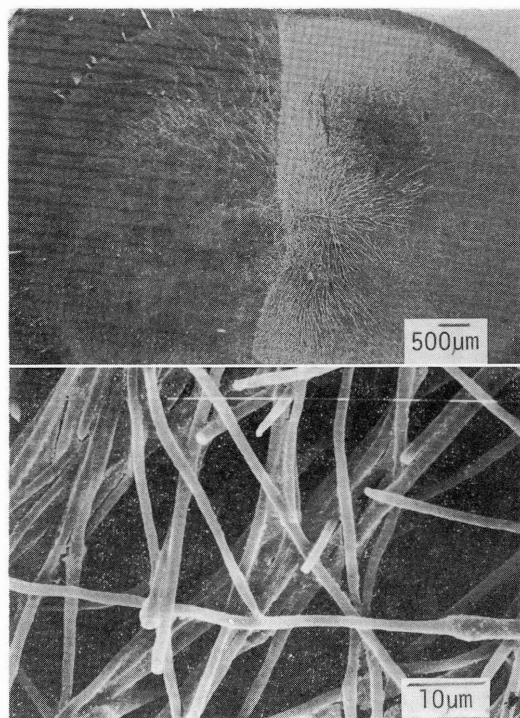


図 4 Adaptic: bonding agent 使用
(長期保存抜去歯)

象牙質未酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

下. レジンタグの強拡大像

はレジンの浸入はほとんどなく、酸蝕面においてもエナメル質直下の象牙質にはほとんどレジンの浸入がみられなかった。しかし、酸蝕面中央部のレジンタグの長さは長期保存抜去歯に比較して極めて浅く、多くは $10\sim 20\mu\text{m}$ にすぎず、一部に $100\sim 200\mu\text{m}$ のものがみられた。

2. 臨床的実験について

図 7 および図 8 は 12 歳女子より得られた 抜去直後の上顎左側および右側第一小臼歯の咬合面 1 級窩洞に充填された Clearfil および Adaptic の窩底部におけるレジンタグの SEM 像である。いずれの場合も窩洞全面が酸蝕されているにもかかわらずレジンタグの浸入は浅く $10\sim 20\mu\text{m}$ 以下のものが多くみられた。

図 9 および図 10 は 51 歳女性の歯周疾患のため抜去された前歯有髄歯および無髄歯唇面に形成され

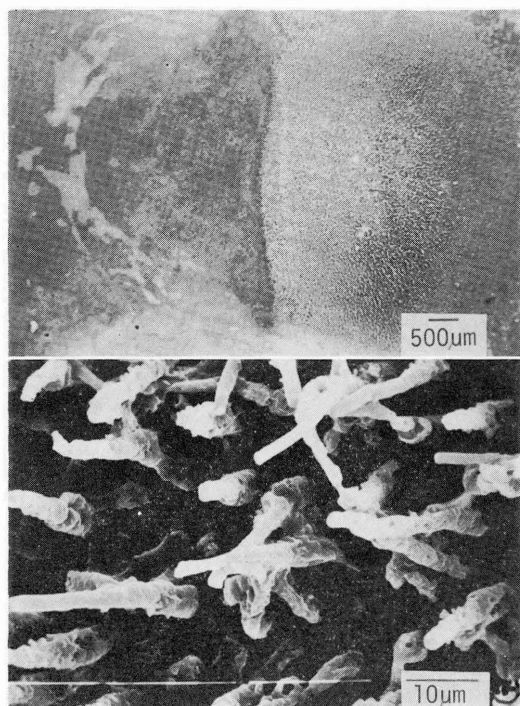


図 5 Clearfil: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 4, 10歳♂)

象牙質末酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

下. レジンタグの強拡大像

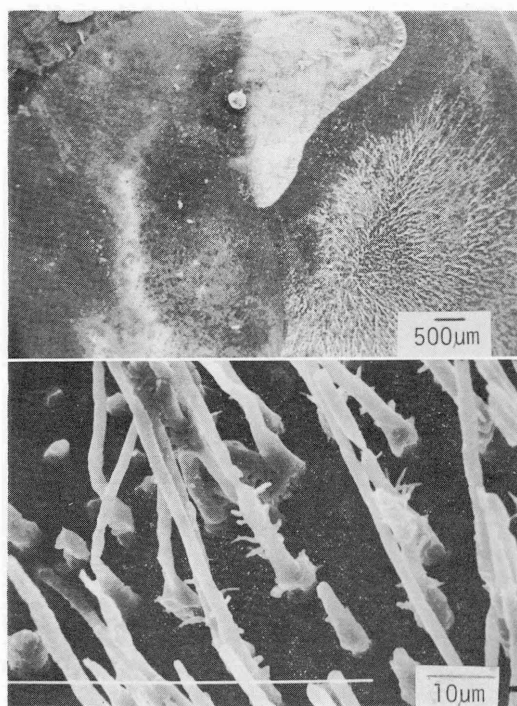


図 6 Adaptic: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 4, 10歳♂)

象牙質末酸蝕面および酸蝕面へのレジン浸入を示す SEM 像

上. 全体像 (水平断面)

下. レジンタグの強拡大像

た5級窩洞に酸蝕後修復された Clearfil 充填の象牙質に対するレジンタグの SEM 像である。窩底部では有髄歯, 無髄歯共にレジンの浸入は浅く, いずれも約 $10\mu\text{m}$ で, それ以下のものが多く観察された。

図11は同一個人の右側上顎側切歯(有髄, う蝕歯)で, 両隣接面にう蝕が存在しこの部をう蝕検液による染色を指標としてう蝕第一層を削除し, 酸蝕後 Clearfil を充填した例である。このう蝕部に浸入したレジンに極めて長い $500\mu\text{m}$ にもおよぶタグを形成していた。

3. 象牙質面の SEM 像について

図12は小白歯水平断面の半側のみを酸蝕した象牙質面の SEM 像である。削ったままで酸蝕しなかった象牙質面(図12, a)は象牙質削片に被われ, 象牙細管切断部はほとんど見ることはできな

かった。一方, 酸蝕した象牙質中央部(図12, b)では直径約 $5\mu\text{m}$ に拡大された象牙細管の切断開口部が密に並んでいるのが認められた。しかし酸蝕された象牙質でもエナメル質の近くでは(図12, c)象牙細管開口部の密度は小さくなり切り口は斜断され, その直径もエナメル質直下に近づくほど小さくなり, $1\mu\text{m}$ 以下のものが数多く認められた。

図13は酸蝕象牙質の直角破断面の SEM 像である。象牙細管入口の管周象牙質は酸に溶解され細管開口部は $10\sim 20\mu\text{m}$ の深さまで拡大していたが, その下部では直径 $2\sim 3\mu\text{m}$ の一定の太さを示していた。

図14は前歯唇面に形成された5級窩洞窩底の酸蝕象牙質である。この部には直径の小さな象牙細管開口部が疎らに散在しているにすぎなかった。

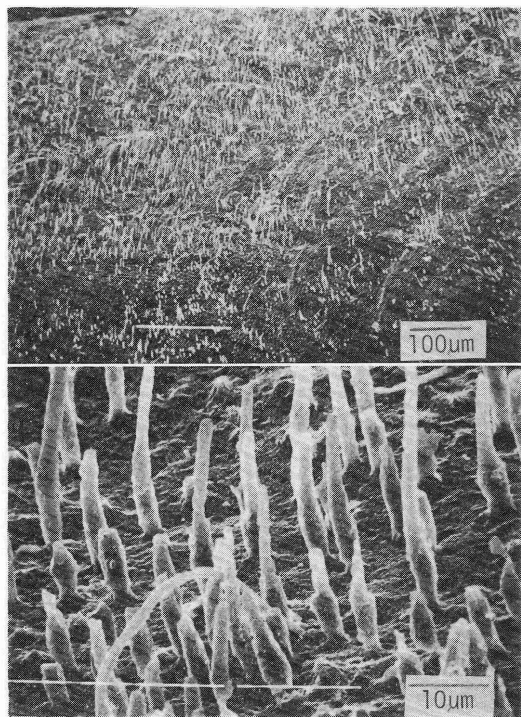


図7 Clearfil: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 4, 12歳♀)

1級窩洞の窩底部酸蝕象牙質に浸入したレジン
上. 弱拡大像
下. 強拡大像

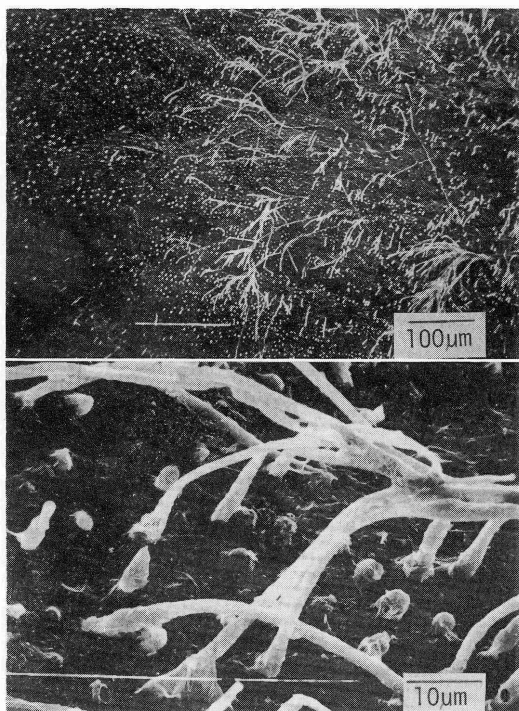


図8 Adaptic: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 4, 12歳♀)

1級窩洞の窩底部酸蝕象牙質に浸入したレジン
上. 弱拡大像
下. 強拡大像

考 察

1. 象牙質内へのレジンタグの浸入について

象牙質内レジンタグは長期保存抜去歯および新鮮抜去歯共に酸蝕象牙質に著明に認められた。このレジンタグは象牙細管内へレジンが浸入し硬化したものであることは明らかである。一般に、切削したままの象牙質表面は象牙質削片に被われ、象牙細管の開口部はほぼ完全に塞がれているのでレジンの浸入をみることはない。この切削片を酸により溶解除去すれば象牙細管開口部は露呈し、しかもその部の管周象牙質も溶解され入口は広く漏斗状に拡大する。かような象牙質表面は活性も高くなり、レジンの濡れがよくなり、レジンは細管内へと容易に浸入して、レジンタグが形成されと考えられる。

酸蝕象牙質内に浸入したレジンタグの長さを

みてみると、象牙質の部位やその状態あるいは修復したレジン材料の差異により若干の差がみられるようである。長期保存抜去歯では、象牙細管中のトームスの線維は変性し象牙細管は空洞となり、通常は気体または液状物質のみで満たされているように思われる。また、細管内へのレジンの浸入の程度はレジンの流動性や歯質に対するレジンの濡れによって左右されと考えられる。従って流動性の高い MMA レジンのモノマーや Adaptic bonding agent や Clearfil bonding agent の様な粘性の低いレジン液を使用すれば、酸蝕後乾燥されて中空となった象牙細管中に容易に浸入し長いタグを形成する筈である。逆に、粘性の高いコンポジットレジン単味ではタグの浸入は細管の入口付近にとどまり深達しないように思われる。

一方、新鮮抜去歯においては長期保存抜去歯と

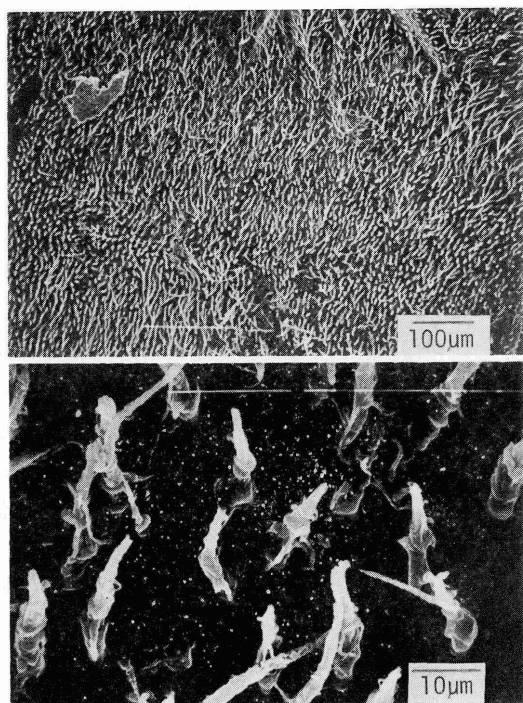


図 9 Clearfil: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 1有髄, 51歳♀)

酸処理後の唇側 5 級窩洞窩底部にみられたレジン
タグ

上. 弱拡大像
下. 強拡大像

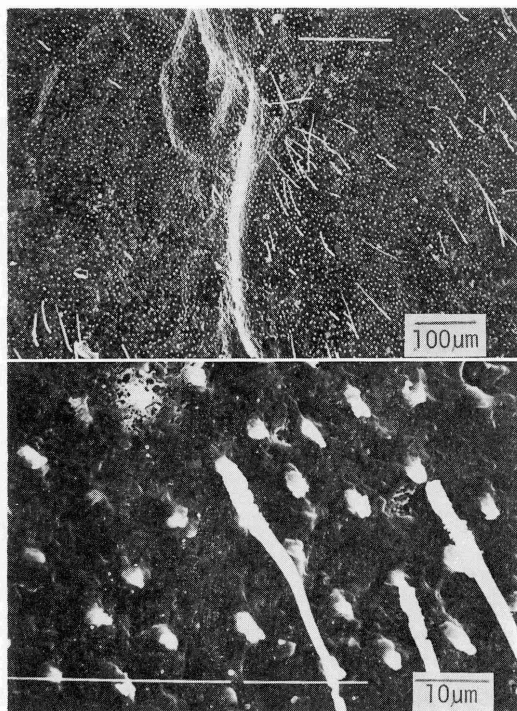


図 10 Clearfil: bonding agent 使用
(新鮮抜去歯, 1無髄, 51歳♀)

酸処理後の唇側 5 級窩洞窩底部にみられたレジン
タグ

上. 弱拡大像
下. 強拡大像

異なり象牙細管内はトームスの線維によって占められているので、これらは切削により断面入口付近において断裂を起し一部に欠損を生ずるだけであろう。従って、酸処理によって細管の開口部が拡大露呈されても、レジンが深部にまで浸入することができないものと考えられる。

しかしながら、新鮮抜去歯であるにも拘らず、う蝕象牙質第 2 層には長い深達性のレジンタグがみられた。またう蝕象牙質の場合には残置されたう蝕第 2 層の象牙細管は自然に脱灰されむしろ拡大され、且つ Dead tract になっているのではないかと考えられ、この部分にレジンが容易に浸入して、長いタグを形成したのであろう。

有髄歯、無髄歯を問わずエナメル質直下の酸蝕象牙質にはレジンの浸入はほとんど認められていない。このことはエナメル質付近の象牙質では、

象牙細管は終枝となり細管の太さは極めて細く、酸蝕によってもその開口部は小さく、その上、密度も疎であるためと思われる。5 級窩洞においても、かようなエナメル質付近の象牙質内に窩底が位置するため、ほとんどの例において、レジンタグの形成がみられないのであろう。

2. 歯質接着性レジンにおける象牙質内タグの表面構造について

象牙質に接着性を有するレジン^{7,14)}の象牙質内レジンタグの表面は他種レジンのタグ表面と較べ、著しく特異な様相を示していた。すなわち、Palakav および Clearfil bonding agent を塗布して充填した Clearfil のタグ表面は極めて粗造であり多くの微小凹窩が認められた。このことは明らかに象牙質接着性の良好なことを示唆するものである。すなわちこれらレジンは象牙

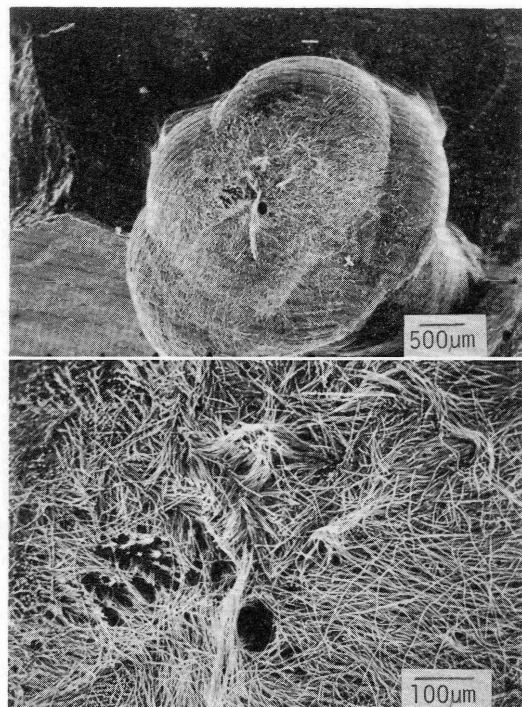


図 11 Clearfil: bonding agent 使用 (新鮮抜去歯, 2) 近遠心隣接面う蝕有り, 51歳♀)

酸蝕後のう蝕第2層にみられたレジンタグ

上. う蝕部にみられたレジンタグ

下. 強拡大像

細管壁に接着したまま硬化するので、細管壁をそのまま忠実に再現し、粗造な面となって現われたものと考えられる。また接着性が良いため、他種レジンにみられたような細管壁からの全面剥離はみられない。レジンの本質的な重合収縮は避けられないのでむしろ内部微小気泡の発生は十分考えられるが、一部接着の弱い部分に重合収縮の“引かれ”による部分剥離もみられ、これが微小凹窩となって現われたものと解釈している。

これに対し、それほど接着力の強くない Adaptic では重合収縮により象牙細管壁よりタグが剥離するので、比較的滑沢な表面を呈するものと思われる。さらに、重合収縮が大きくかつ象牙質に接着力を示さない Sevriton では細管壁より完全に剥離し、太さの変化に富んだタグを形成すると考えられる。

長期保存抜去歯に形成された Palakav と Cle-

arfil のタグを比較すると Clearfil ではほぼ先端まで同じ厚径を示すのに対し Palakav ではやや太さに変化があり先端が丸みを帯び凹窩もかなり大きめであった。このことは MMA 系レジンと Bis-GMA 系レジンの重合収縮の差に起因するものと考えられる。

3. 臨床への応用について

コンジットレジンのエナメル質への接着力は 160 kg/cm^2 あり¹⁴⁾、現状では象牙質接着性レジンと云えどもエナメル質との接着力に保持を期待することが得策であるように思われる。しかしながら、タグ表面の形状から察するに、エナメル質直下象牙質におけるタグ形成が少いとはいえ切断面の管間象牙質には良好に接着していると推測し得る。

かような観点から、象牙質接着性レジンの窩洞形態についての2, 3の提案をしてみたい。

エナメル質う蝕に対しては、エナメル質のみに窩洞を形成する。しかしながら、う蝕に侵された部位ないしはその周辺のみ削除では予防拡大の原則に反するので、図15のごとく球形ダイヤモンドポイント (ISO No. 010, 014) を使用して広くエナメル質を露出した窩洞を形成するとよい。概成を終わったところで ISO No. 010 の微粒子ダイヤモンドポイントで窩縁に round bevel をつけ予防拡大を完了する。

象牙質に達した通常の浅いう蝕では同様に小さな球形ダイヤモンドポイントでエナメル質を予防拡大しながら削除してゆき、図15と同様に広いエナメル質露出面をつくり予防拡大も完了する。次いで Caries detector F の染色を指標としてう蝕の第1層のみを #1~2 低速ラウンドバーで除去し、第2層を残置すると窩洞断面は図16, 17のごとくとなる。

またクサビ状欠損においては象牙質内に、象牙質内レジンタグ形成を望むことより管間象牙質との接着面積を増大し且つ側方からの脱出力に抵抗するために、MMA レジンの保持形態と似てはいるがエナメル質直下象牙質に近い層に出来るだけ深く保持溝を形成するとよい (図18)。

かくして通法どおり60秒間酸蝕、水洗して充分

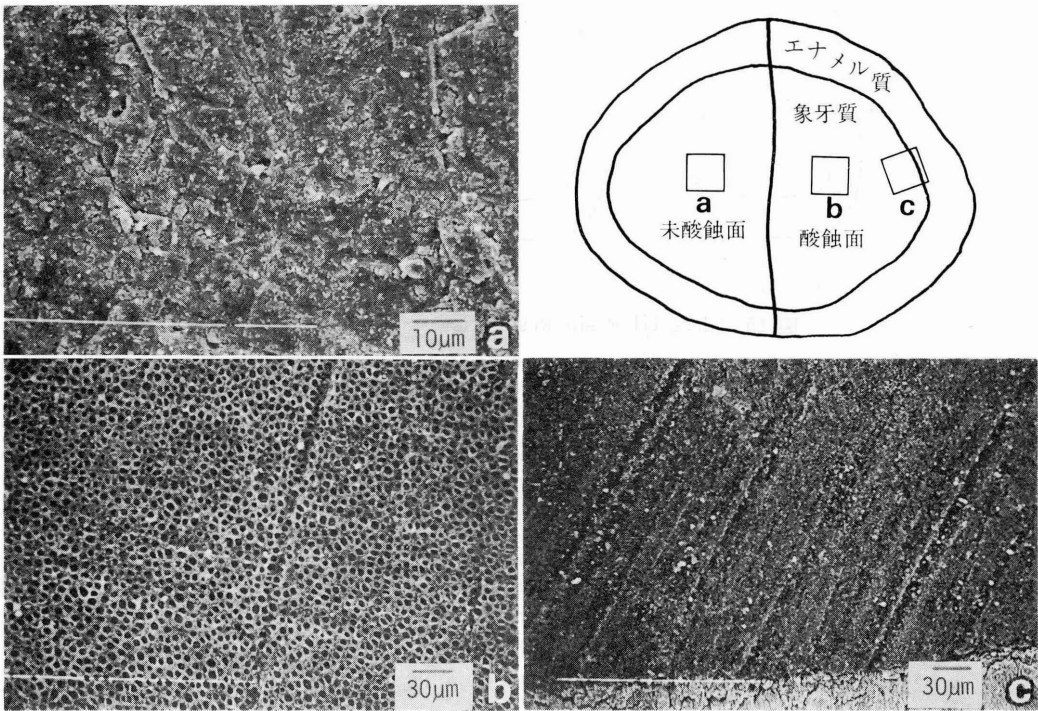


図 12 長期保存抜去歯，歯冠部水平断面の未酸蝕および酸蝕象牙質の比較

- a. 未酸蝕象牙質，象牙細管開口部はほとんど閉鎖している。
- b. 象牙質中央部の酸蝕像，象牙細管は大きく開口し，ところどころに象牙細管の管腔を埋めるものが見られる。
- c. エナメル象牙質付近の酸蝕象牙質，b に比べ象牙細管の太さと密度は小さい。

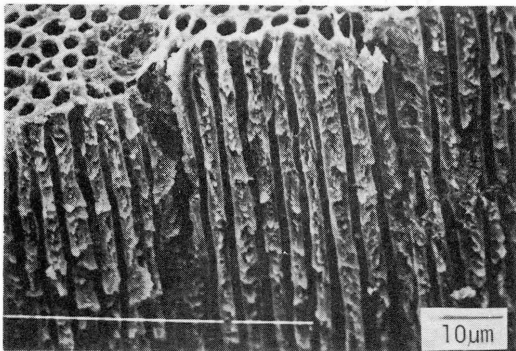


図 13 酸蝕象牙質の直角断面 SEM 像
象牙細管開口部は漏斗状に拡大している。

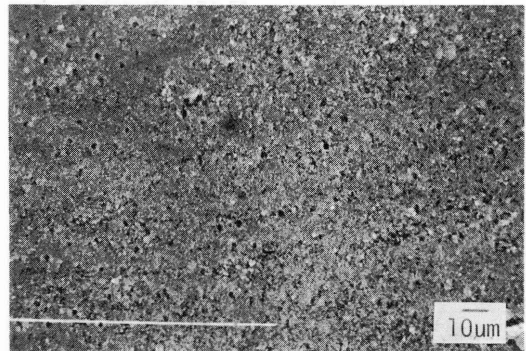


図 14 5 級窩洞における酸蝕後の窩底部象牙質
象牙細管は細く，密度も小さい。

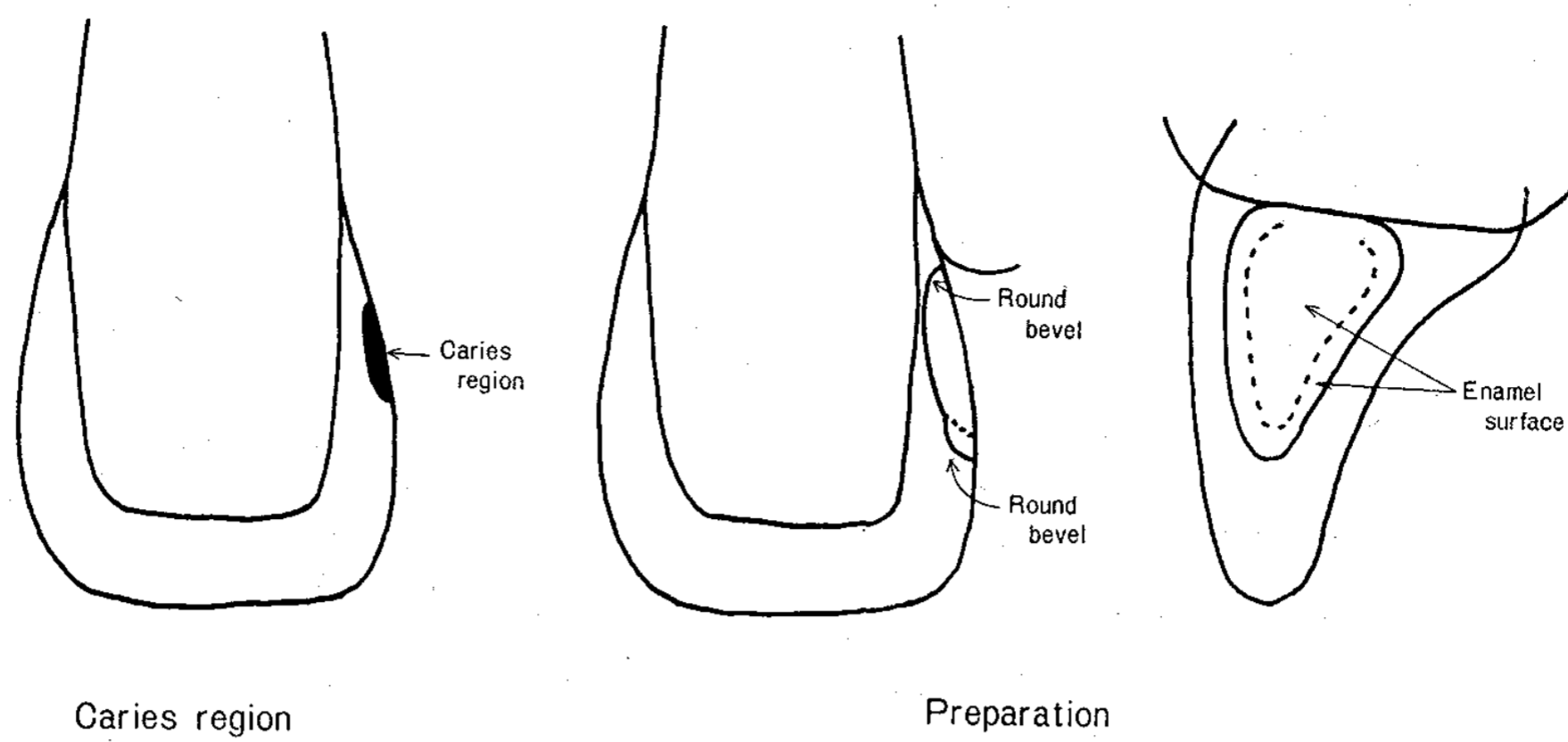


図 15 Class III Resin Restoration for Enamel Caries

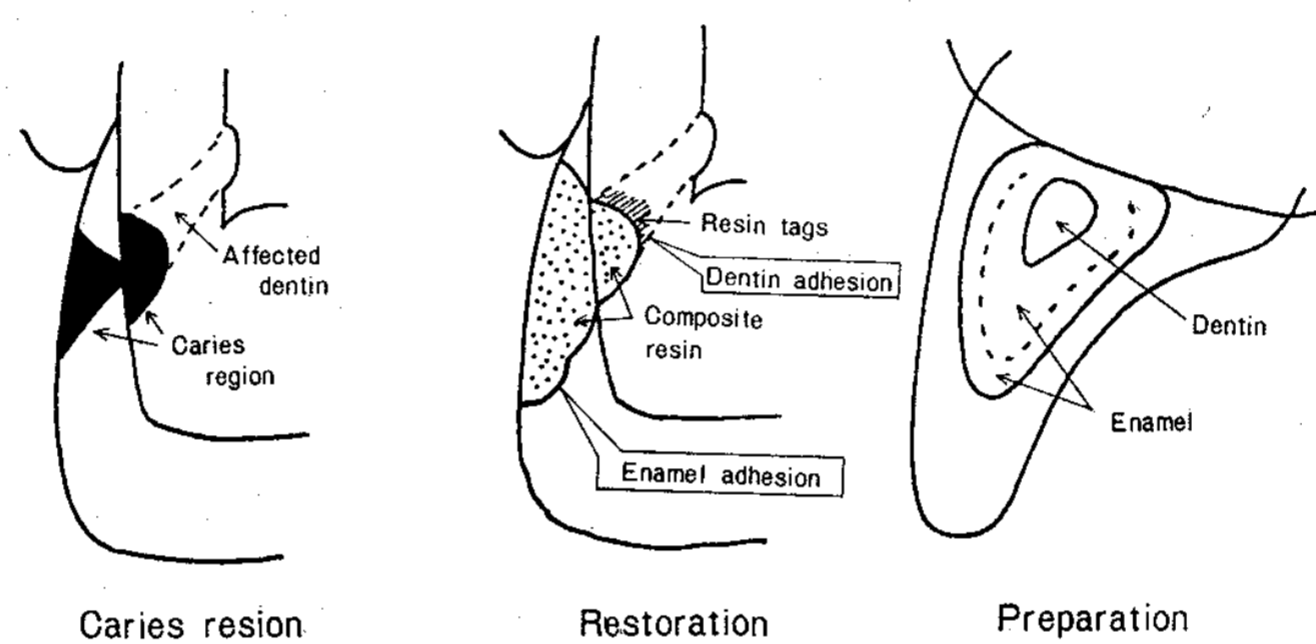


図 16 Class III Resin Restoration for Medium Caries

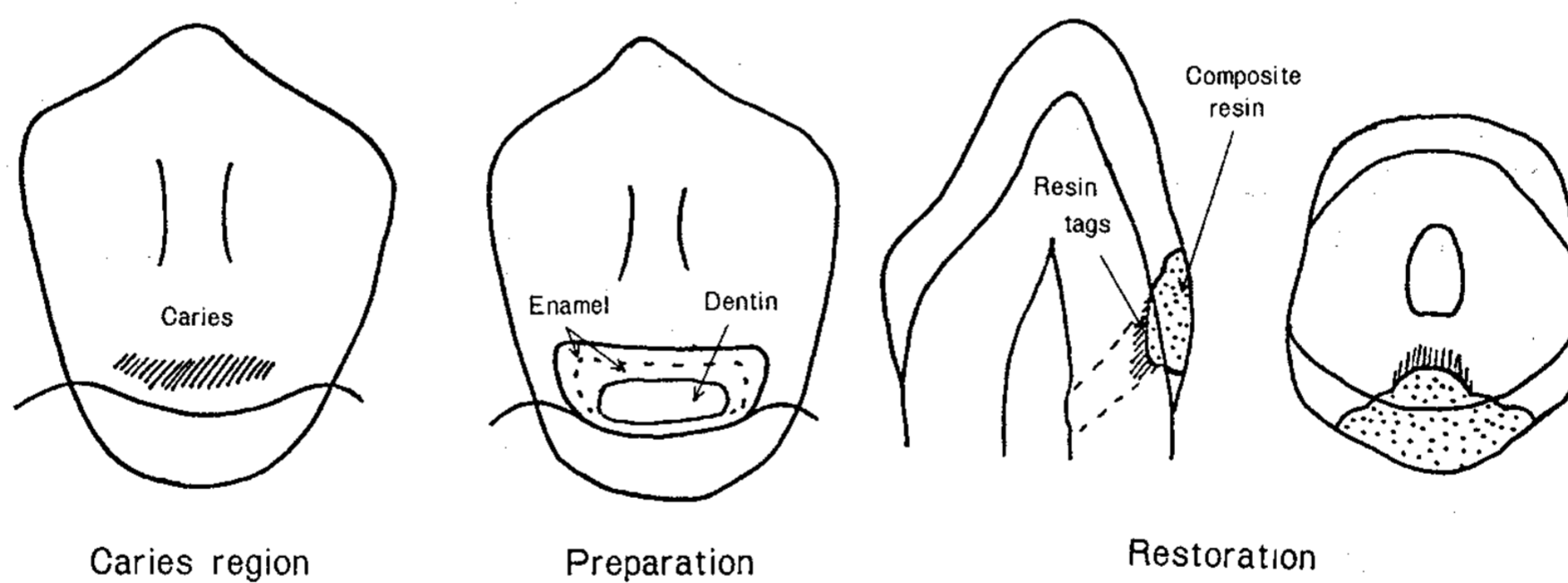


図 17 Class V Resin Restoration for Medium Caries

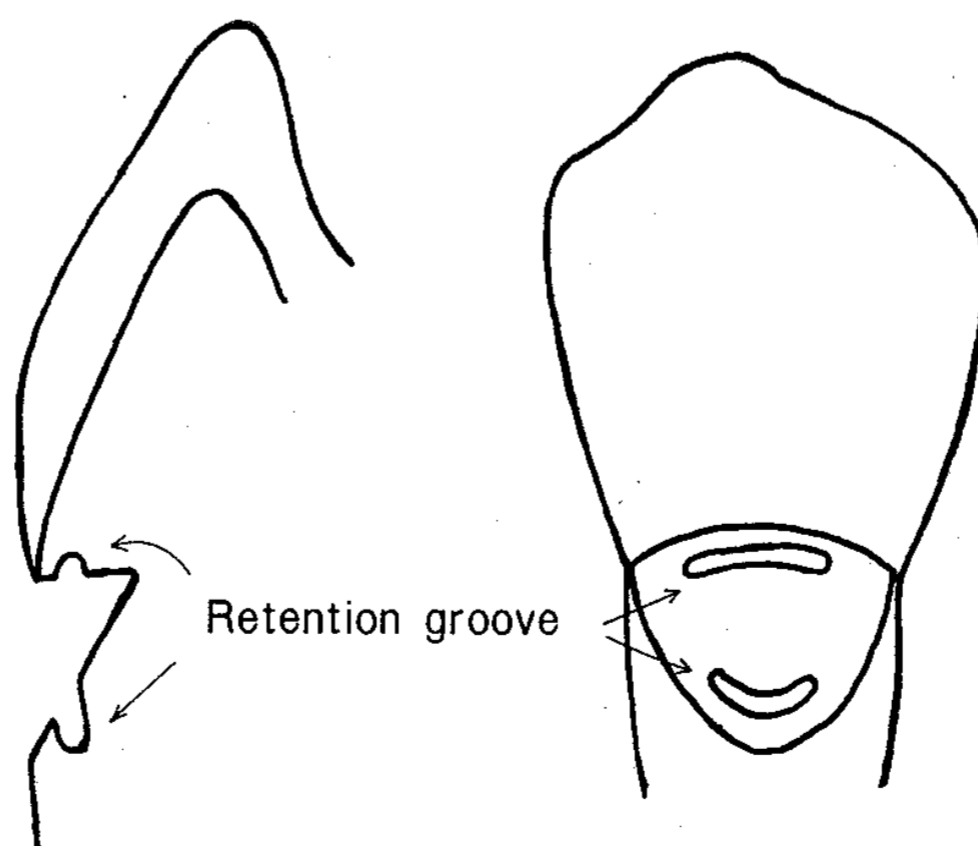


図 18 Wedge-shaped Cavity

に乾燥後接着性レジンで充填してやればよい。こうすることによりレジンに残置された第2層によく浸入し、また広いエナメル質面にはよく接着することが期待される。

かような修復方法であれば健全な象牙質をいたずらに犠牲にすることなく、しかも切削による疼痛も少なく、それに要する形成時間も少なく、総合的所要時間が短縮され、臨床上、裨益するところが大きいと信じている。なお、う蝕第1層の除去にあたり GK-101¹⁶⁾ を使用すれば殆ど無痛的に処置し得るので、その活用を望みたい。

深い窩洞の場合には、Acid-etching に耐え得るような $\text{Ca}(\text{OH})_2$ paste の部分的裏層が必要とされることは云うまでもないことである。

総括ならびに結論

本研究においては、象牙質に接着性を有するコンポジットレジン Clearfil を中心として、各種条件下の象牙質に対する各種レジンの浸入の程度、形成されたレジンタグの様相を走査型電子顕微鏡により詳細に観察検討し、種々なる興味ある所見が得られ、併せて、この種のレジンのための窩洞に関する一提案を試みた。

1. 酸蝕の行われなかった象牙質面および酸蝕象牙質でもエナメル質直下の象牙質にはレジンの浸入はみられなかった。

2. 長期保存抜去歯における酸蝕象牙質に対するレジンの浸入は著明で、数 $100\ \mu\text{m}$ に達するものがあつた。

3. 象牙質接着性レジンのタグの表面性状は、一般に粗造で、小凹窩が存在する。この程度は Clearfil において、TBB 系 MMA レジン Palakav に比し著明に現われていた。

4. 他種レジンのタグの表面性状は比較的滑沢で、特に、MMA レジン Sevrison ではうねりをもったくびれを所々に生じていた。

5. 新鮮抜去歯の酸蝕象牙質面に対するレジンの浸入は一般に浅く、エナメル質直下の象牙質へのレジン浸入もみられなかった。

6. 5級窩洞窩底象牙質におけるレジンの浸入は、有髄歯、無髄歯ともに浅く、約 $10\ \mu\text{m}$ のもの

が多く観察された。

7. う蝕象牙質第2層に対するレジンの浸入は著明で、深達性であつた。

8. これらの所見をもとに、3級、5級、クサビ状欠損窩洞の形成についての一提案を行った。

本論文の要旨は日本歯科保存学会1979年度秋季学会(第71回)で報告した。なお、本研究の一部は昭和53、54年度総合研究(A)「ウ蝕の無痛修復に関する研究」に関する科学研究費によって賄われたことを付記する。

文 献

- 1) Bowen, R. L.: Dental filling material comprising vinyl-silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. U. S. Patent. 3, 066, 112, 1962.
- 2) Bowen, R. L.: Properties of a silica-reinforced polymer for dental restoration. JADA, **66**: 57-64, 1963.
- 3) Buonocore, M. G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res., **34**: 849-853, 1955.
- 4) Vojinović, O., Nyborg, H. and Brännström, M.: Acid treatment of cavities under resin fillings: Bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. J. Dent. Res., **52**: 1189-1193, 1973.
- 5) 後藤譲治: エッチングと歯髄刺激. 歯界展望, **49**: 647-654, 1977.
- 6) Masuhara, E.: Über die Chemie eines neuen haftfähigen Kunststoff-Füllungs-materials, DZZ, **24**: 620-628, 1969.
- 7) 黒崎紀正, 中村昌人, 飛松敏子, 野手久史, 岩久正明: 新接着性修復材 Clearfil Bond System-F の接着力. 日歯保誌, **21**: 378-383, 1978.
- 8) 総山孝雄: 無痛修復. 東京, クイントエッセンス出版株式会社, 61-156, 1979.
- 9) Buonocore, M. G.: The Use of Adhesives in Dentistry. Springfield, Charles C Thomas Publisher, pp. 63-90, 1975.

- 10) Barnes, I. E.: The adaptation of composite resins to tooth structure. Part 3, Study 3: The adaptation of composite resins to dentine. *Brit. dent. J.*, **142**: 253-259, 1977.
- 11) Brännström, M. and Nordenvall, K. J.: The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration: A scanning electron microscopic investigation. *J. Dent. Res.*, **56**: 916-923, 1977.
- 12) Gwinnett, A. J.: The morphologic relationship between dental resins and etched dentin. *J. Dent. Res.*, **56**: 1155-1160, 1977.
- 13) 大串貫太郎; ウ蝕象牙質2層のコラゲン線維の性状. 第一報. 組織化学的観察. *口病誌*, **40**: 65-72, 1973.
- 14) 佐藤定雄, 笠倉達雄, 佐藤清人, 子田晃一, 細田裕康: 各種レジン修復材の歯質接着性に関する研究. *日歯保誌*, **22**: 511-524, 1979.
- 15) 総山孝雄: 保存修復学総論. 窩洞形成法. 京都, 永末書店, 352-355, 1973.
- 16) 黒崎紀正, 佐藤裕一郎: ウ蝕象牙質軟化除去装置改良型 GK-101 の臨床的価値. *歯材器誌*, **34**: 8-11, 1977.