原 著

リン酸処理後のヒトほうろう質表層への 合成樹脂 Sealant の侵入

林 聡* 大 槻 晃** 竹 内 光 春**

概要：酸処理されたほうろう質面へ Sealant を塗布してう蝕を予防することは、すでに通常の手法となろうとしているが、その維持機構を左右すると考えられる処理歯面側に接した Sealant 表面の、立体的な形態についての報告は数少なく不明の点が多かった。

今回著者等はこれを明らかにする目的で、3M リン酸溶液処理でできた Sealant 表面の Tag-like extensions を光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡で観察した。

その結果、酸処理によつてほうろう稜柱の辺縁部が優先的に溶解するようなほうろう質面にできた Tag-like extensions の立体的な形態は、竹筒を斜切りしたような基部とその先からさらに伸びたフィラメント状あるいは薄いフィルム状の樹脂先端部より成るものと推察され、新しくその立体的なモデルを提示した。

I 結 言

有機酸、無機酸（主に酢酸、クエン酸、乳酸、EDTA、塩酸）の低濃度溶液（ $1/10 \sim 1/100$ M）によるほうろう質の脱灰の様相から、う蝕初発の機構を解明しようとする試みや、透過型および走査型電子顕微鏡を用いほうろう質の微細構造を明らかにしようとする試みは数多くなされてきた¹⁾。

1955年 Buonocore の報告²⁾以来、リン酸および上記の酸の高濃度溶液でほうろう質の表層を脱灰し、Sealant の接着力を高めて維持期間の延長をはかろうとする試みは、臨床的には通常の手法となりつつある。

しかしその維持機構については詳細に検討されず、当初は単なる被接着面積および Wettability

の増加によると想像されていた。

ところが Gwinnett らの高濃度リン酸溶液による脱灰ほうろう質表層と Sealant との接着機構に関する詳細な研究により、Sealant モノマーがほうろう質の稜柱内へ侵入し、重合後はフィラメント状の Tag-like extensions (以下、Tag と省略する) としてほうろう質内にくい込み、それらが接着力を支配するらしいことが明らかとなつてきた⁵⁻¹⁰⁾。

本研究は Sealant の接着力に直接影響すると考えられる Tag の形態を明らかにする目的でおこなわれたもので、本報告では3M リン酸溶液で30秒間処理したヒトのほうろう質表層にできた、Sealant の Tag の形態について光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡で得られた知見を述べる。

なお、稜柱間および稜柱間物質の存否について

* 財団法人ライオン歯科衛生研究所研究部（部長 佐藤新一）、兼ライオン歯磨株式会社基礎研究所（所長 松村輝男）

** 東京歯科大学口腔衛生学教室（主任 竹内光春教授）

* *Department of Research, The Lion's Foundation of Dental Health Institute (Director: Dr. Shinichi Sato) and Lion Research Center, The Lion Dentrifrice Co. (Director: Dr. Teruo Matsumura)*

** *Department of Preventive Dentistry, Tokyo Dental College, Tokyo. (Director: Prof. Mitsuharu Takeuchi)*

昭和49年3月20日受付

は異論があるので、本報告では稜柱間物質が存在したとしても稜柱の一部と見なす立場にたつて記述を進める。

II 実験材料と方法

1. 材料

用いた歯牙はヒトの各種の永久歯35本、乳歯15本で、抜去後70%エチルアルコール中に保存した健全歯である。観察面は主として前歯では唇面、臼歯では咬合面を用いた。

使用した Sealant は実験的に処方されたもので、エチル-2-シアノアクリレート系¹¹⁾とメチルメタアクリレート系の2種であり、酸処理条件は、3Mリン酸溶液を小綿球に付し、歯面をこすりながら30秒間処理した。この条件は Sealant とウシほうろう質との引張り接着強度試験の結果¹²⁾からえられたものである。また比較検討のために0.01Mリン酸溶液も一部用いた。

2. 方法

2-1 光学顕微鏡観察

機械的に汚れを除いた歯牙表面を3Mリン酸溶液で30秒間処理し、水洗乾燥後 Sealant を塗布し硬化させた。また処理面と非処理面の差を検討する場合には、歯面の一部をスティッキーワックスで被覆した後、3Mリン酸溶液で処理し、ワックスを除去後同様に Sealant を塗布して硬化させた。つぎにそれらを歯科用即硬性レジンに包埋し、

歯の各縦断面および各種の高さにおける横断面を得るように切断した後、研磨して厚さ約100 μ mの試料切片とした。

酸処理したほうろう質中に形成された Sealant の Tag を観察するため、試料切片をスライドガラス上で、1N塩酸でほうろう質を溶解し、溶解せずに残った Sealant 部を光学顕微鏡で観察した。

2-2 走査型電子顕微鏡観察

2-1と同様な方法で処理したほうろう質面、および Sealant を塗布し硬化後、1N塩酸でほうろう質を完全に溶解除去して得られた Sealant 面を、金-パラジウム蒸着し、走査型電子顕微鏡(JSM-U3型)を用いて加速電圧15~25kvの条件下で観察した。

また光学顕微鏡の所見と走査型電子顕微鏡の所見を対比するため、光学顕微鏡で観察した同一試料を、金-パラジウム蒸着し観察した。

なお所見を述べるにあたり、塗布硬化した Sealant の歯面側を Sealant 正面とし、それを横から見た場合を Sealant 側面として記載した。

III 結 果

1. 光学顕微鏡所見

処理面では、試料切片の厚さを約80 μ m以下にすると、稜柱にそつて形成されている Sealant の Tag の一部を見ることができるが、それよりも厚

Fig. 1 (A) Light micrograph of section before dissolution of enamel.
(B) Light micrograph of the section in Fig. 1 (A) following dissolution of enamel. Tags arose from the sealant/enamel interface. The bar represents 100 μ m, R; sealant, E; enamel.

Fig. 2 Light micrograph showing a boundary of tag formation between untreated and treated enamel surface. No tags were seen in the untreated surface and an etch of about $10\mu\text{m}$ was produced by a 30 sec treatment with $3\text{M H}_3\text{PO}_4$. The bar represents $25\mu\text{m}$, R; sealant.

Fig. 3 Light micrograph of comb-like tags formed in labial surface of deciduous tooth after a 30 sec treatment with $3\text{M H}_3\text{PO}_4$. The bar represents $50\mu\text{m}$, R; sealant.

Fig. 4 Light micrograph of most common tags formed in labial (A) and occlusal (B) surfaces of permanent tooth after a 30 sec treatment with $3\text{M H}_3\text{PO}_4$. The bars represent $50\mu\text{m}$ and $20\mu\text{m}$, respectively, R; sealant.

い場合には直接観察することはできなかった。Fig. 1 (A)はほうろう質を溶解する以前のもので、稜柱の走行状態は明確に観察できるが Tag の存在は認められない。このほうろう質を溶解し去ると、はじめて Tag の全貌が現われてくる (Fig. 1 (B))。非処理面では、Sealant の侵入による Tag 形成は全く認められなかった (Fig. 2)。

Tag の長さは、リン酸の濃度や処理時間や歯の条件によっても異なるが、Fig. 3 のように元の稜柱の走行にそつて、一定間隔で規則的に並んでい

る $20\sim 30\mu\text{m}$ の長さの Tag が多く見られた。これは Gwinnett のいう Comb-like Tags⁹⁾に相当するものである。場所によつては Fig. 4 のように規則的に並んだ Tag の間に $50\mu\text{m}$ 以上の長い Tag が混在している場合や、Fig. 5 のように魚の背ビレ状の連続した Tag も見られた。

リン酸処理したほうろう質表層に形成された Tag の立体的な形態を見るために、研磨面は稜柱の走行に平行で、ほうろう質表面がわずかに傾斜している面に侵入して出来た Sealant の Tag を

Fig. 5 Light micrograph of fish dorsal fin-like tags formed in labial surface of permanent tooth after a 30 sec treatment with 3 M H_3PO_4 . The bar represents 50 μm , R; sealant.

Fig. 6 Light micrograph showing the foundation of tags formed in occlusal enamel surface of permanent tooth after a 30 sec treatment with 3 M H_3PO_4 . Tags consisting of honey-comb-like foundation and narrow filmy or filamentous extension on it were seen. The bar represents 20 μm , R; sealant.

Fig. 7 Scanning electron micrograph of labial enamel surface of permanent incisor treated with 3 M H_3PO_4 for 30 sec. Prism peripheries are demineralized, and prism cores remain relatively intact. The bar represents 5 μm .

Fig. 8 Scanning electron micrograph of labial enamel surface of permanent incisor treated with 0.01M H_3PO_4 for 5 min. In contrast to Fig. 7, prism cores are demineralized. The bar represents 5 μm .

観察した (Fig. 6)。ほうろう稜柱の辺縁部が優先的に溶解した表層にできた Sealant の Tag の形態は、かなりの厚みをもった基部とその先からさらに伸びたフィラメント状あるいは極度に薄いフ

イルム状の先端部から成ることが想像された。

2. 走査型電子顕微鏡所見

3 M リン酸溶液処理したほうろう質表面は、多くの場合 Fig. 7 のように、稜柱の辺縁部が最も深

く溶解され、稜柱の中心部や尾部はそれほど深く溶解されていない所見が見られた。0.01M リン酸溶液で処理した歯面では逆に稜柱の辺縁部を残し

Fig. 9 Scanning electron micrograph showing penetration of sealant into prism peripheries in enamel surface treated with 3 M H_3PO_4 for 30 sec. Arrow indicates the sealant penetrating into the prism peripheries and (A) is the interface between untreated enamel surface and the sealant. The bar represents 20 μm .

中心部から尾部にかけて一様に溶解されていた (Fig. 8)。しかし 3 M リン酸溶液で処理した歯面でも、同一歯牙の部位によっては Fig. 7 と Fig. 8 の混在しているところも見られた。

酸処理したほうろう質表面に塗布された Sealant モノマーは、溶解された稜柱の辺縁部または中心部に侵入して硬化し、Tag を形成して、より強固な物理的結合をつくっている。非処理面と処理面を比較した場合、塩酸で完全にほうろう質を溶解し去ると Fig. 2 のような差が見られるが、短時間で溶解を中止すると、非処理面と Sealant の界面には塩酸処理でほうろう質が溶解したためと思われるスキ間が生じるが、処理面と Sealant の界面は完全に物理的に結合しており、Tag の先端は稜柱と稜柱の境界部へ侵入している所見が見られた (Fig. 9)。

つぎに、Tag の立体的な形態を明らかにするために、ほうろう質を完全に溶解除去した後 Sealant の正面、すなわち sealant の歯面側の表面を観察した。側面からは Fig. 6 のようであるが、正面から見ると Fig. 10 のように蜂の巣状の網目構造を示した。大部分は網目のまわり、すなわち Meckel らのいう鍵穴型稜柱構造の頭の辺縁にあ

Fig. 10 Scanning electron micrographs of sealant surface in contact with etched enamel surface showing honeycomb-like structure of tag foundation formed in labial surface of permanent incisor (A) and occlusal surface of permanent molar (B) after a 30 sec treatment with 3 M H_3PO_4 . The bar represents 5 μm .

Fig. 11 Scanning electron micrograph of sealant surface showing honeycomb-like structure, partially covered with filamentous or narrow filmy extensions, formed in labial surface of permanent incisor after a 30 sec treatment with 3 M H_3PO_4 . This was seen only where tag length was more than $50\mu\text{m}$. The bar represents $5\mu\text{m}$.

Fig. 13 Scanning electron micrograph of sealant surface showing tag foundation indicating sealant penetration into both prism cores and prism peripheries within a single experimental area. The proximal surface of permanent molar was treated with 3 M H_3PO_4 for 30 sec. The bar represents $5\mu\text{m}$.

Fig. 12 Scanning electron micrograph of sealant surface showing honeycomb-like structure from different angle in Fig. 10 (A). The bar represents $5\mu\text{m}$.

Fig. 14 Scanning electron micrograph of sealant surface formed in labial enamel surface of permanent incisor treated with 0.01M H_3PO_4 for 5 min. The bar represents $5\mu\text{m}$.

たる部位のへりが厚くなっている所見が見られた。

Tag の長さが20~30 μm の場合はこのような網目構造が見られるが、50 μm を越える部位ではこの網目構造がくずれ、Tag の先端部同士がかさなりあつて網目をふさいでいる所見も見られた(Fig. 11)。

また、稜柱構造にもとづく網目の一単位を構成するへりの高さは、稜柱の頭部の先端にあたるへりが最も高く、そこから尾部にかけて徐々に低くなっているのが観察された(Fig. 12)。しかし隣接面にできる Tag は一様な網目構造をとらず丘状、棒状、網目状など種々の突起が混在し、部位によつてもかなり差があつた(Fig. 13)。

0.01M リン酸溶液処理したほうろう質表層にできる Tag は中心部が丘状にもりあがつているものが多く、場所によつては鍵穴型稜柱の頭部の辺縁にあたる所が高くなっている場合もあるが、明らかに3M リン酸溶液処理でできた Tag とは異なつていた(Fig. 14)。

IV 考 察

酸処理したほうろう質表層と Sealant の界面にできる Tag に関しては、側面から観察した結果についての報告が多く、正面すなわち脱灰歯面側から Sealant の表面像を報告している例⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾は少ない。

Tag の側面像の所見としては、Gwinnett, Buonocore らが酸化亜鉛含有の50%リン酸で1分間処理して25 μm 前後の Tag が稜柱の境界部にできることを報告⁽⁶⁾⁽⁷⁾し、Sharp らは85%リン酸で2分間処理した場合5~25 μm の Tag が稜柱の中心部に侵入することを報告している⁽¹⁷⁾。

また Retief は50%リン酸で1分間処理した場合、50 μm 前後の Tag が得られることを報告し、その原因として使用したエポキシ樹脂の硬化が遅くて侵入が完全に行われたためと説明している⁽¹⁸⁾。

今回著者らは、大槻、竹内らの報告⁽¹²⁾をもとに3M リン酸溶液処理でできる Tag を中心にその形態を調べた。

試料切片の作製に際し、非処理面に Sealant を塗布し硬化させただけでは、歯面から脱離し試料切片を作ることはできなかった。しかし処理面では、即硬性レジン中に必ずしも包埋しなくても約100 μm 程度の薄片を容易に作ることができ、Fig. 9に示したような Tag の形成による Sealant の物理的結合の差を見ることができた。

側面から見た通常の Tag は20~30 μm のものが規則的に並んでいて、中には50 μm を越えるものや魚の背ビレ状に連続した Tag も認められた。背ビレ状の Tag はほうろう質表層に何かの欠陥—例えば葉板—などのある場合にできるものであろうと推察された。

Sharp らは、樹脂の構成成分によつて Tag の形状が変化することを報告⁽¹⁷⁾しているが、著者らの使用したエチル-2-シアノアクリレート系とメチルメタアクリレート系の Sealant の間には差は見られなかった。しかし稜柱の走行に対して斜めに研磨した場合や、Tag 表面を乾燥した場合には、Sharp らが樹脂の構成成分の差に帰したと同じような Tag 形状の変化をみることができた。

Sealant 正面、すなわち処理したほうろう質表面側から観察した Tag の形態については、Gwinnett らは丘状、指状、クレーター状の突起が混在していると報告⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾したが、石崎は酸処理前に研磨剤を用いて研磨すれば、小白歯唇面では均一に蜂の巣状 Tag を形成することを見いだしている⁽¹⁶⁾。また Gwinnett らは走査型電子顕微鏡で観察される Tag の長さが光学顕微鏡で側面から観察される長さとは一致しないことを指摘し、走査型電子顕微鏡の試料作製中に Tag の先端部が破壊されてしまつたのではないかとしている。しかしその構造については Gwinnett ら、石崎ともに全くふれていなかった。

今回著者らが永久歯、乳歯の処理面で観察した Tag の表面構造は、臼歯の咬合面や前歯の唇面では大部分、蜂の巣状の網目構造であり、隣接面では網目構造と丘状または指状の突起が混在している部位が多く見られた。咬合面や唇面では、酸処理液が均一に作用して稜柱体の溶解されやすい辺縁部をより深くまで溶解除去するのに対し、

(A)

(B)

(C)

Fig. 15 A simple model of tag-like extensions in etched enamel surface where prism peripheries were demineralized. It consists of crater-like foundation with a narrow filmy or filamentous extension on it. This narrow filmy or filamentous extension deepens to deeper enamel layer from the crater-like foundation. (A), (B) and (C) are the pictures of model from different three angles.

隣接面では歯面をとりまく沈着物などの外部的影響からそれが一様におこらず、複雑な溶解過程をとつて局部的に差が生じるためと考えられた。しかし石崎は歯質表面の研摩を十分行なうと、酸処理によつて稜柱頭が露出し、さらにその辺縁部が優先的に溶解することを見だしている。

著者らは今までの種々の光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡観察から、酸処理により稜柱の辺縁部が優先的に溶解除去された歯面に形成される Tag の形態を、Buonocore ら⁷⁾の平面的モデル以外に新しい次のような立体的なモデルを考えることにより明らかにしようとして試みた。Tag の立体像は Fig. 15 に示したモデルのように Sealant モノマ

ーが溶解された稜柱の辺縁部へ侵入して硬化することから、竹筒を斜切りしたような基部構造とその先からさらに伸びた薄いフィルム状あるいはフィラメント状の先端部より成り、走査型電子顕微鏡で観察される、例えば網目状の表面は、むしろ Tag の基部であつて Sealant の侵入によつてできる Tag のすべてではないと考えられた。すなわち走査型電子顕微鏡の観察に際し、Sealant 表面を乾燥して真空状態で金-パラジウム蒸着をするため、フィルム状あるいはフィラメント状の樹脂先端部から Tag 基部の一部にかけて収縮がおこつて厚いへりを形成し、ときにはフィラメント状あるいはフィルム状の先端部が折れ曲り蜂の巣状

の網目構造をふさいでしまう場合もあると考えられよう。Fig. 15 (B) のようにモデルを横からみた例は、Tag の間隔が稜柱の直径とほぼ一致する Comb-like Tags (Fig. 3) に、また Tag の間隔がそれよりも短く見える Fig. 4(A) のような場合は、Fig. 15 (C) の方向から観察されるので妥当であろう。同様に Tag には基部がありその先端からフィラメント状あるいはフィルム状に伸びた部分があることも Fig. 6, Fig. 10 から推察される。

また酸処理によるほうろう質の溶解が Nichol ら¹⁹⁾のモデルで進行すると仮定すれば、フィラメント状の Tag 先端が鍵穴型稜柱の頭部の辺縁に相当するへりから伸びていることもよく説明しうる。

V 結 論

3M リン酸溶液で処理したヒトのほうろう質と Sealant 樹脂の界面、および Sealant 樹脂(Tag)の表面を光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡で観察して次の結論を得た。

1. 臼歯咬合面や前歯唇面にできる Tag の立体的な形態は、竹筒を斜切りしたような網目状の基部とそこからさらに伸びたフィラメント状あるいは薄いフィルム状の先端部より成り、まだ報告されていない全く新しい構造であると認められた。

2. 隣接面の Tag は、網目状以外に、丘状、棒状の突起が混在しており Gwinnett らの報告に類似していた。

3. 3M リン酸溶液処理でできる Tag の長さは、20~30 μ m のものが多く、中には50 μ m をこえるものや魚の背ビレ状のものもあつた。

終りにのぞみ、本研究にご意見をいただいた東京歯科大学口腔衛生学教室の高江洲助教授、松久保両氏およびライオン歯磨株式会社基礎研究所の関係各位に感謝の意を表します。

文 献

1) 例えば

- a) 桐野忠大(他): ヒトエナメル質の構造に関する走査型電子顕微鏡的研究, 1. エナメル

小柱の形態ならびに小柱鞘と小柱間質について, 口病誌, **39**, 247-296, 1972.

- b) 本山佐太郎: 人歯エナメル質の小柱間質について, 走査電子顕微鏡的研究, 歯基礎誌, **15**, 31-50, 1973.
- c) 石井俊文, 吉田 茂: エナメル質崩壊過程の連続的観察方法—薄切片による歯質崩壊の連続的観察方法—, 口腔衛生会誌, **21**, 175-192, 1971.
- d) Poole, D. F. G., and Johnson, N. W.: The effects of different demineralizing agents on human enamel surfaces studied by scanning electron microscopy, *Archs oral Biol.*, **12**, 1621-1634, 1967.
- e) Hoffman, S., McEwan, W. S., and Drew, C. M.: Scanning electron microscope studies of dental enamel, *J. dent. Res.*, **48**, 242-250, 1969.
- f) Johnson, N. W., Poole, D. F. G., and Tyler, J. E.: Factors affecting the differential dissolution of human enamel in acid and EDTA. A scanning electron microscopy study, *Archs oral Biol.*, **16**, 385-396, 1971.
- 2) Buonocore, M. G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, *J. dent. Res.*, **34**, 849-853, 1955.
- 3) Doyle, W. A.: Operative dentistry, in *Current therapy in dentistry*, Goldman, H. H. et al Eds., p. 843, 1968.
- 4) Buonocore, M. G.: Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention with use of ultraviolet light, *J. Am. dent. Ass.*, **80**, 324-328, 1970.
- 5) Gwinnett, A. J., and Buonocore, M. G.: Adhesives and caries prevention. A preliminary report, *Brit. dent. J.*, **119**, 77-80, 1965.
- 6) Gwinnett, A. J. and Matsui, A.: A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesives, *Archs oral Biol.*, **12**, 1615-1620, 1967.
- 7) Buonocore, M. G., Matsui, A., and Gwinnett, A. J.: Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding, *Archs oral Biol.*, **13**, 61-70, 1968.
- 8) Gwinnett, A. J.: Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents, *Archs oral Biol.*, **16**, 731-738, 1971.
- 9) Gwinnett, A. J., and Buonocore, M. G.: A scanning electron microscope study of pit and fissure surfaces conditioned for adhesive sealing, *Archs oral Biol.*, **17**, 415-423, 1972.

- 10) Gwinnett, A. J.: Human prismless enamel and influence on sealant penetration, *Archs oral Biol.*, **18**, 441-444, 1973.
- 11) 大槻 晃, 竹内光春: エチルシアノアクリレートを主材としたう蝕予防充填材の改良(1), *口腔衛生会誌*, 第22回学会号, 136-137, 1973.
- 12) Otsuki, A., Takeyama, K., Ohsawa, S., and Takeuchi, M.: A simple tensile test apparatus of dental adhesives for a testing machine, *Bull. Tokyo dent. Coll.*, **14**, 141-146, 1973.
- 13) Meckel, A. H., Griebstein, W. J., and Neal, R. J.: Structure of mature dental enamel as observed by electron microscopy, *Archs oral Biol.*, **10**, 773-782, 1965.
- 14) Gwinnett, A. J.: Morphology of the interface between adhesive resins and treated human enamel fissures as seen by scanning electron microscopy, *Archs oral Biol.*, **16**, 237-238, 1971.
- 15) Gwinnett, A. J., and Ripa, L. W.: Penetration of pit and fissure sealants into conditioned human enamel in vivo, *Archs oral Biol.*, **18**, 435-439, 1973.
- 16) 石崎 正: Direct Bonding System に関する研究, 第1報. 走査型電子顕微鏡による接着機構ならびに為害性の検討, *日矯歯誌*, **32**, 227-237, 1973.
- 17) Sharp, E. C., and Grenoble, D. E.: Dental resin penetration into acid etched subsurface enamel, *J. S. C. D. A.*, **39**, 741-746, 1971.
- 18) Retief, D. H.: Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid, *J. dent. Res.*, **52**, 741-746, 1971.
- 19) Nichol, T., Judd, G., and Ansell, G. S.: A two-stage model for human enamel demineralization as determined by scanning electron microscope analysis, *J. dent. Res.*, **52**, 487-493, 1973.

Abstract: Penetration of resin sealants into etched human enamel. Satoshi HAYASHI*, Akira OTSUKI**, and Mitsuharu TAKEUCHI**. To examine the three dimensional morphology of tag-like extensions which are believed to be significant in the formation of bonds between resin sealant and etched human enamel, the present study was made using light microscopy and scanning electron microscopy.

The tag-like extensions formed in many etched labial and occlusal enamel surfaces of permanent teeth showed a honeycomb-like structure due to enamel prisms when observed by SEM and the tag length observed by light microscopy was 2 to 5 times longer than that by SEM. The results suggested that even if sealant was lost from etched enamel surfaces by fracture or/and abrasion, the enamel surfaces retain the part of sealant occluding the micropores of the etched enamel surface, providing a protective barrier against caries.

A three dimensional model of tag formed in etched enamel surface where prism peripheries were demineralized preferentially, consisting of a crater-like foundation with a filamentous or filmy extension on it, was proposed to explain the difference observed in tag length between light microscopy and SEM.