

〔原著〕 松本歯学 20 : 280~287, 1994

key words: 清掃法 - sealant - SEM 像

幼若永久歯小窩裂溝の清掃に関する研究  
—第1報 SEM 観察によるエッチング効果と  
sealant の浸透性について—

張 曉燕

河北省唐山市工人医院

深谷芳行, 林 于昉, 宮沢裕夫

松本歯科大学 小児歯科学講座 (主任 今西孝博 教授)

赤羽章司

松本歯科大学 電子顕微鏡室 (主任 赤羽章司 技士)

A Study of the Cleaning Methods on Pits and Fissures of Immature Permanent Teeth  
Part-1 Evaluation of the penetrating possibility of sealant  
and the etching effect by using SEM

XIAO-YAN ZHANG

*Worker's Hospital of Tangshan-City*

YOSHIYUKI FUKAYA, YU-FAANG LIN and HIROO MIYAZAWA

*Department of Pedodontics, Matsumoto Dental College*

*(Chief : Prof. T. Imanishi)*

SHOJI AKAHANE

*Laboratory of Electron Microscope, Matsumoto Dental College*

*(Chief : S. Akahane, B. Sc.)*

**Summary**

In order to prevent pits and fissures caries and to improve sealant's retention rate, various cleaning methods on pits and fissures of newly erupted permanent teeth have been tested in the present study.

Therefore, authors, using a brush-cone, tooth surface polisher (air flow) and a diamond fixed scratch point (D. F. S. P.) which was newly developed by our laboratory, cleaned the extracted human teeth which had no or slightly enameled caries. The authors also applied etching solution to the enamel surface of pits and fissures after cleaning. The effects of cleaning for the three cleaning methods and the resin tags of the sealant replicas were examined comparatively by using a scanning electron microscope.

The results obtained were as follows:

1. When the pits and fissures were cleaned by brush-cone and tooth surface polisher, the residual deposit was found. However, when the cleaning of pits and fissures were done by a D. F. S. P., the residual deposit had been totally removed within the reach of the D. F. S. P.
2. From the observation of the etching effect on the enamel surface of pits and fissures and surface of sealant replicas, the penetration of sealant materials and the formation of the resin tags were found to be more certain when the D. F. S. P. was used.
3. With the use of the D. F. S. P., the improvement of the cleaning and etching effect resulted from slightly shaving the enamel. Therefore, the better retention of the pits and fissures sealant can be expected.

## 緒 言

幼若永久歯は萌出後成熟 (post eruptive maturation)<sup>1-3)</sup> 途上であるためアパタイト結晶構造の未成熟性に代表される歯質の物理化学的性状、解剖学的形態<sup>4,5)</sup>、複雑な萌出様相による自浄性の欠如<sup>6)</sup>などから齲蝕感受性が高いとされている。特に第一大臼歯は咬合の鍵といわれるごとく小児期から成人期にかけての総合咀嚼器官を完成させるうえで重要な歯種であるとされているが、幼若永久歯の特殊性から萌出後2~3年で多くは齲蝕に罹患し、その機能を発揮する以前に喪失する例も稀ではない。また、第一大臼歯は萌出途上、あるいは萌出完了直後に高い齲蝕罹患頻度を示しており、上顎13.3%、下顎44.3%が齲蝕に罹患すると報告されている<sup>6)</sup>。

Hyatt<sup>7)</sup>は6-7才の小児の幼若な第一大臼歯について観察し、88%には裂溝を認め、おそらく、その99%は齲蝕に罹るであろうと述べているが、この時期に発症する齲蝕の多くは小窩裂溝が起始点あるいは好発部位となっており宮野ら<sup>8)</sup>、岩倉ら<sup>9)</sup>も同様の報告を行っている。従って、齲蝕の歯面別発症に年令的な差がみられる第一大臼歯では幼若期からの Lifecycle に応じた予防体系の確立と、その中での効果的な処置が重要であり、齲蝕罹患性の高い小窩裂溝に対する処置として sealant の応用は日常臨床の中で重要な位置を占

め、齲蝕発生と進行に高い抑制効果が報告されている<sup>10)</sup>。しかし、実際には填塞剤の破折や脱落を経験することが稀ではなく長期保持率が低いなどの報告もみられる<sup>11,12,13)</sup>。fissure sealant の予後を左右する因子としては、小窩裂溝の形態や sealant を填塞する際の前処理、すなわち裂溝の清掃程度や酸処理による脱灰効果などが深く関連している。特に、裂溝幅が狭く深い場合には十分な清掃が不可能であるため、エッチング効果が得られないばかりでなく、裂溝底部まで sealant の浸入が不十分となり保持率が低下する原因となる。また、萌出直後の歯質表面にはナスマス膜のような耐酸性の強い膜があり<sup>14)</sup>、酸処理による etched pocket 形成を妨げ sealant の保持率低下のもう一つの原因と考えられる。近年、種々の清掃法に関する研究が報告<sup>15,16)</sup>されており、浅い V, U 型裂溝に対して、それぞれ効果が認められているが、きわめて狭小で、かつ深い I, IK 型裂溝に対しては臨床的に簡便で効果のよい清掃方法の確立は報告されていない。本研究では、長期にわたる fissure sealant の保持率を向上させることと初期齲蝕進行を抑制させることを目的として、狭小で深い I, IK 型裂溝を有する幼若永久歯に関して、ブラシコーン、エアフロー、および著者らが考案したダイヤモンド付きスクラッチポイント (以下 D. F. S. P. と略記する) を使用し、それぞれの裂溝内容物の除去効果、小窩裂溝部エナメル質のエッ

チング効果について比較検討した。

### 材料及び方法

材料：矯正治療を目的に抜去した臨床的に健全な、あるいは初期齲蝕を有する上下顎第一小白歯、第二小白歯のうち根未完成歯のみを試料とした。実験はブラシコーン、エアフロー、および図1に示すD.F.S.P.を超音波裂溝清掃用チップに付属させ歯面、裂溝の清掃を実験条件に従い行なった。なお、清掃効果の観察は同一歯牙を頬舌的に2分割し、清掃効果を対比した。

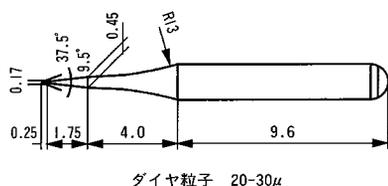


図1：超音波裂溝清掃用チップ（D.F.S.P.）の規格

#### 実験1：D.F.S.P.による清掃効果

実験群、対照群ともに歯科用探針(#23BS)にて可及的に裂溝内を清掃した後、対照群1としてコントラハンドピースに付けたブラシコーンを用いて注水下で60秒間歯面清掃を行なった。対照群2では歯面清掃研磨器（松風社製 エアフロー）により60秒間歯面清掃を行なった後、研磨剤の粉末成分を除去するために十分に水洗した。

実験群はD.F.S.P.を使用し、注水下に超音波振動させ小窩裂溝部の可及的な清掃を行なった。

なお、駆動源として超音波スケーラー（モリタ社製 Solfy）に接続して使用した。実験群および対照群1、2の試料は清掃後、裂溝を歯軸方向に沿って頬舌的に切断し、清掃方法別に切片標本を作成し実験に供した。

#### 実験2. 清掃法の違いによるエッチング効果

それぞれの清掃法により清掃した歯面および小窩裂溝部に実験1と同様に60秒間エッチング（40%正リン酸、クラレ社、エッチングエージェント）を施しさらに裂溝を歯軸方向に沿って頬舌的に切断し、清掃法の違いによるエッチング効果を比較、検討した。さらにそれぞれの方法で清掃

した歯牙にエッチングし、小窩裂溝部にシーラント（クラレ社、ティースメイトF）を填塞し、完全硬化後に90%蟻酸にて歯質のみを脱灰しシーラントレプリカを採取した。以上の方法により得られた歯牙試料について、通法に従って、アルコール系列で脱水後、臨界点乾燥装置を用い液体炭酸による乾燥を行なった。試料はさらに金イオンスパッターコーティングを施し、走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope、以下SEMと略記する）にて観察した。

### 結 果

#### 1. D.F.S.P.による清掃効果

(1) 図2-a, b, cはそれぞれブラシコーン、エアフロー、D.F.S.P.による清掃後の裂溝の縦断面のSEM像である。図2-aに示すブラシコーンによる清掃では裂溝開口部から底部にかけて有機性残留物と思われる構造物が広汎に満たされていることが観察され、清掃効果はほとんど認められなかった。

図2-bはエアフローによる清掃後の縦断面を示した。図2-aに比べ有機性残留物の量的な減少はみられるものの裂溝底部および裂溝開口部直下に内容物の存在を認められた。

図2-cに示すD.F.S.P.による清掃では、裂溝開口部から裂溝底部にかけてスピッツ状に開削され固有裂溝の存在は認められず、完全に裂溝内容物は清掃されており、残留物は認められなかった。

#### 2. 清掃法の違いによるエッチング効果

図3-a, b, cは各種の裂溝清掃後の裂溝側壁部にエッチングを施したSEM像である。

図3-aに示すブラシコーンによる清掃後のエッチング効果は、不均一な酸による侵蝕と思われる脱灰が部分的に観察されるが小柱構造および蜂窩状構造は認められなかった。また、一部には有機性沈着物と思われる残遺物も認められた。

図3-bはエアフローで清掃後の、裂溝開口部から約1/3の部位のエッチング効果を示したものである。エナメル小柱の末端部が不均一な形態で認められているが、明瞭な蜂窩状構造は観察されなかった。

図3-cに示すD.F.S.P.で清掃後の裂溝側壁には残遺物は認められず滑らかな裂溝壁の露出が

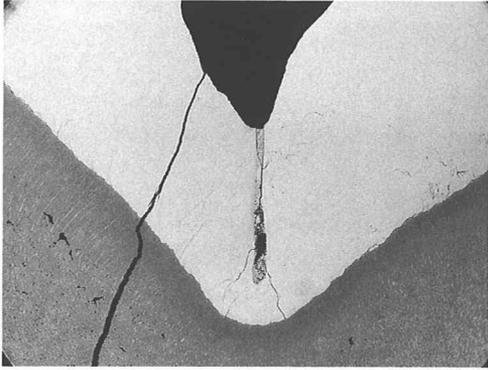


図2-a : ブラシコーンによる清掃後の裂溝の縦断面のSEM像(×600):  
裂溝部に有機性残留物と思われる構造物が観察される。

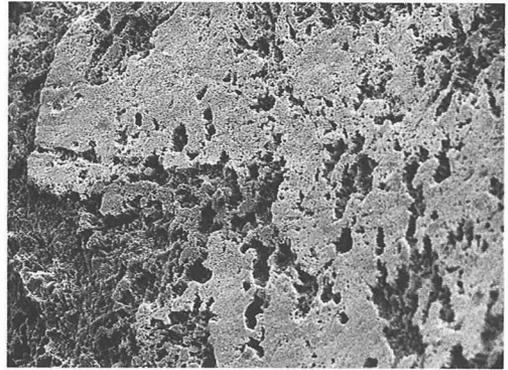


図3-a : ブラシコーンによる清掃後のエッチング効果のSEM像(×600):  
不均一な酸蝕像が観察される。

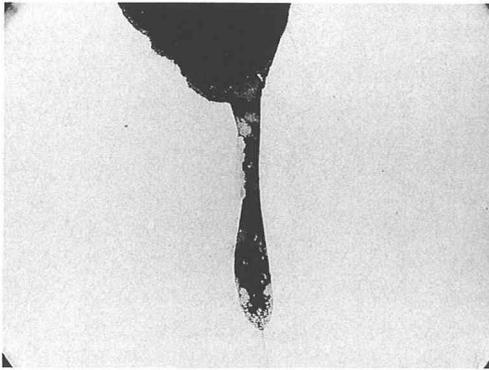


図2-b : エアフローによる清掃後の裂溝の縦断面のSEM像(×600):  
図2-aに比べ残留物の量的減少はみられるが裂溝底部及び開口部直下に残留物の存在を認められた。

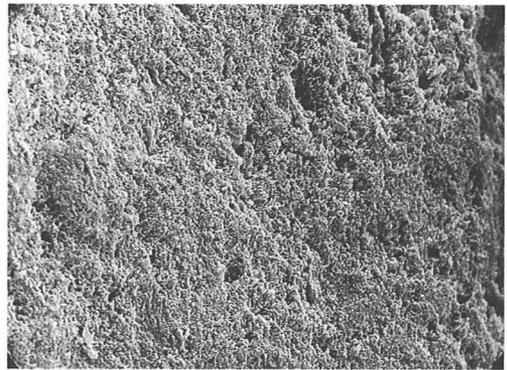


図3-b : エアフローによる清掃後のエッチング効果のSEM像(×1200):  
図3-cに比べ明瞭な蜂窩状構造は観察されなかった。

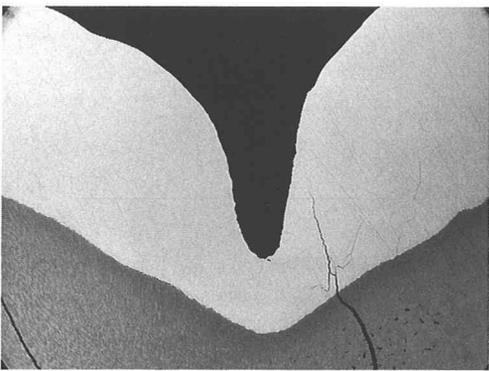


図2-c : D.F.S.P.による清掃後の裂溝の縦断面のSEM像(×600):  
裂溝内容物は完全に清掃され、残留物は認められなかった。

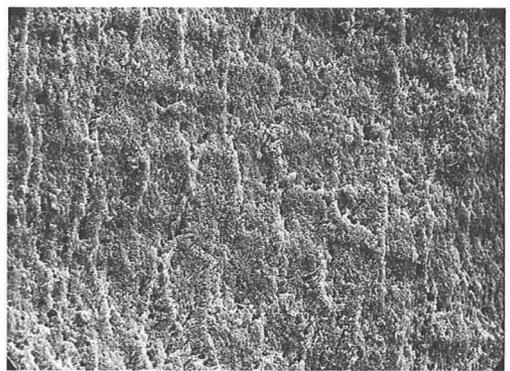


図3-c : D.F.S.P.による清掃後のエッチング効果のSEM像(×1200):  
ほぼ均一な蜂窩状構造が明瞭に観察された。

みられ、エッチングによるエナメル質末端の小柱構造および、ほぼ均一な蜂窩状構造が明瞭に観察された。

### 3. シーラントレプリカ像のSEM観察

図4-a, b, cは、ブラシコーン、エアフロー、D. F. S. P. で清掃後のシーラントレプリカ像の窩縁部 180倍のSEM像である。また、図5-a, b, cは、図4-a, b, cの比較的凹凸明瞭な部位を600倍に拡大観察したもので、図6-a, b, cは同じ試料の裂溝底部のシーラントレプリカ像を示している。

図4-aは、図4-b, cに比較しレジンタグと認められる像は、ごく僅かに観察されるのみであるが、図4-cに示す、D. F. S. P. による清掃法では図4-a, bに比較して、規則的な蜂窩状構造として明らかなレジンタグが観察された。図5-a, b, cに示す拡大像では、ブラシコーンによる清掃法は一部タグ形成は認められるが不均一な像として観察され(図5-a)、図5-bに示すエアフローによる清掃法ではタグ形成はほぼ均一にみられるがD. F. S. P. による清掃法(図5-c)に較べ均一で規則的な蜂窩状構造を示すレジンタグが観察された。

図6-a, b, cに示す裂溝底部レプリカ像のタグ形成状態の比較においても、図6-aのブラシコーンによる清掃法ではタグ形成はほとんど観察されず、図6-bのエアフローで清掃したものについても部分的に不均一、不規則なタグが観察されるのみで、D. F. S. P. で清掃した図6-cに見られるような、明瞭で規則的な蜂窩状構造を示すタグ形成は観察されなかった。

## 考 察

### 1. 小窩裂溝清掃法について

小窩裂溝を好発部位とする齲蝕への対応として Buonocore<sup>17)</sup>がシーラントを臨床応用して以来、高分子材料の進歩とともに、一般臨床の場で広く応用されている。しかし、填塞材の脱落と微細漏洩による予後の不安定性の問題は日常臨床においてしばしば経験することがある。

Taylorら<sup>11)</sup>、Chowら<sup>18)</sup>、Bowen<sup>19)</sup>は複雑な形態を有する小窩裂溝の残遺物の存在がエッチング効果に影響を及ぼし fissure sealant の浸入に大きな影響を与えることから、小窩裂溝内に fis-



図4-a：ブラシコーンによる清掃後のシーラントレプリカの窩縁のSEM像(×180)：

図4-b, cに比べレジンタグの形成量が少なかった。

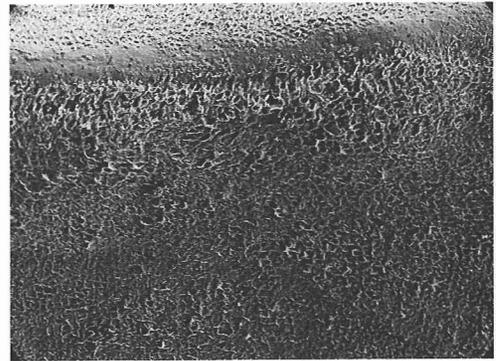


図4-b：エアフローによる清掃後のシーラントレプリカの窩縁のSEM像(×180)：

図4-cに比べ不規則なレジンタグの形成がみられる。

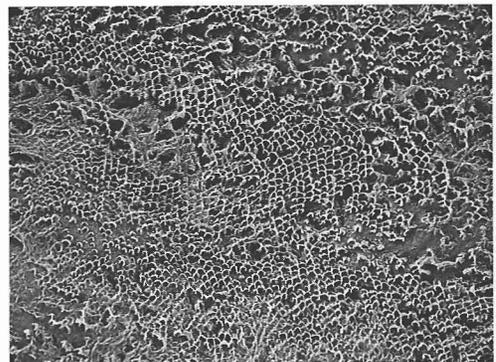


図4-c：D. F. S. P. による清掃後のシーラントレプリカの窩縁のSEM像(×180)：

規則的なレジンタグの形成が観察される。

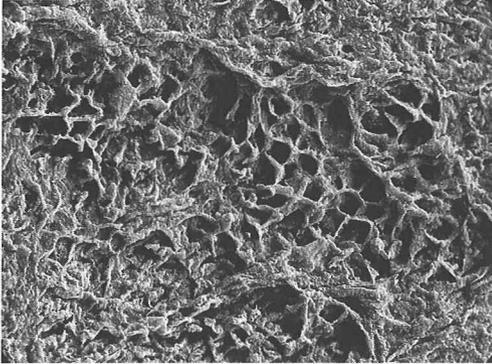


図5-a : 図4-aの比較的凹凸明瞭な部位を600倍に拡大観察した像

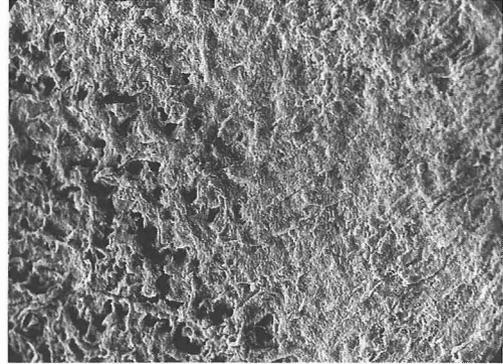


図6-a : ブラシコーンによる清掃後裂溝底部のシラントレプリカ像(×600): レジンタグの形成はほとんど観察されない。

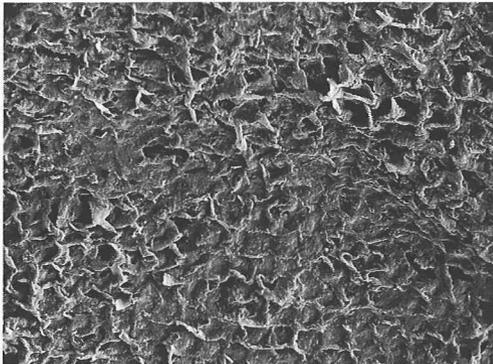


図5-b : 図4-bの比較的凹凸明瞭な部位を600倍に拡大観察した像: 図5-cに比べ蜂窩状構造は不明瞭である。

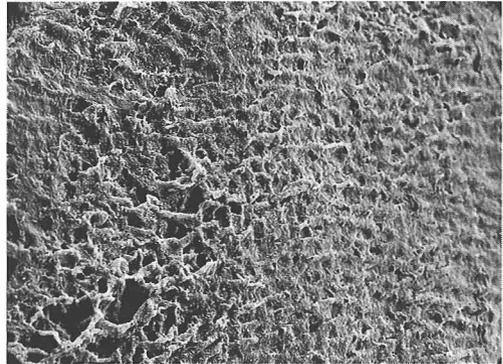


図6-b : エアフローによる清掃後裂溝底部のシラントレプリカ像(×600): 不規則, 不均一なレジンタグの形成が観察される。

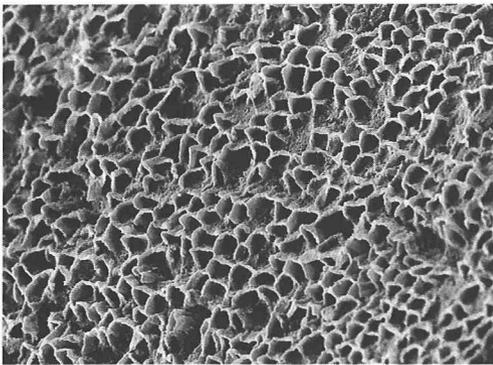


図5-c : 図4-cの比較的凹凸明瞭な部位を600倍に拡大観察した像: 規則的な蜂窩状構造として明らかなレジンタグが観察される。

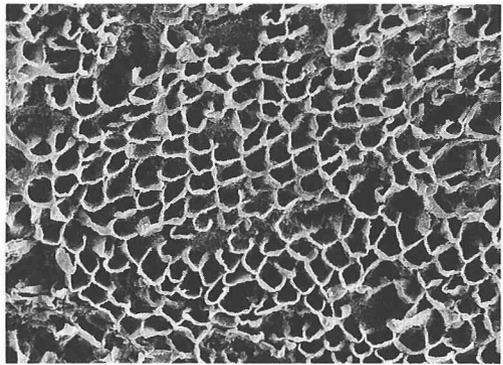


図6-c : D. F. S. P. による清掃後裂溝底部のシラントレプリカ像(×600): 明瞭で規則的な蜂窩状構造を示すタグ形成が観察される。

sure sealant がどの程度まで浸入しうるかが予後  
を決定する大きな要因であることを報告してい  
る。小窩裂溝内には食物残渣、細菌性プラーク、  
石灰化沈着物、上皮性由来の歯小皮などが認めら  
れる。これらの有機性残遺物はエッチング効果の  
低下を招くことになり、その結果として、填塞材  
の脱落は免れない。そこで、エッチング前処置と  
して歯面表面および小窩裂溝の清掃は重要であ  
り、日常臨床では、一般的には探針とブラシコー  
ンが使用されている。しかしながら、著者らの実  
験ではブラシコーンによる清掃では裂溝入り口付  
近の歯表面部ですらエナメル質表層が露出し小柱  
末端がみられるような完全な清掃状態のものは観  
察されず、歯小皮などの有機性付着の残遺が認め  
られ、シーラントの浸入性の適否となる固有裂  
溝内容物の除去はきわめて不十分であった。川  
上<sup>10)</sup>、青木<sup>16)</sup>、伊藤<sup>20)</sup>は4～10%のNaOClを主  
体とした化学的清掃法や、化学液と超音波振動機  
を併用した清掃法など、各種の小窩裂溝清掃法を  
検討し、ロート状、コルペン状の裂溝清掃に効果  
が得られたことを報告しているが、複雑な深達型  
小窩裂溝に対して十分な清掃結果は得られていな  
い。また、竹内<sup>21)</sup>はGK-101液とスクラッチポイント  
を応用し裂溝内容物の除去が容易であったこと  
を報告している。しかし、小児への応用に際して  
は安全性、簡便性が考慮されなければならない。薬  
液の流出や飛散の問題など必ずしも小児歯科臨床  
に適しているとは言いがたい。本実験において、  
エアフローによる清掃法も試みたが、この場合、  
裂溝入り口付近の有機性の付着物はおおむね除去さ  
れ、エッチング後も不規則、不均一ではあるが蜂  
窩状構造が観察された。しかし、裂溝内容物に対  
しての清掃効果は比較的軟質な付着物に限られて  
いるものと考えられ、十分な清掃効果が得られな  
かった。金児ら<sup>22)</sup>は微細漏洩に関しては、この程度  
の清掃状態でも十分なエッチング効果が得られる  
ことを報告しているがJeronimusは裂溝内容物  
に含まれる微生物は表層を封鎖された状態でも  
活動性が認められる場合があり、裂溝内容物は出  
来るかぎり除去すべきであることを示唆してい  
る。

著者らの実験に用いたD. F. S. P. では小窩裂溝  
のエナメル質表層をわずかに開削することにより  
裂溝形態を単純化することにより、内容物の除去

が可能であり、良好な清掃効果が認められた。さ  
らに、狭窄部位の開削は被着体の表面積の拡大、  
機械的清掃作用による耐酸膜の除去による新鮮な  
エナメル質面の露出が得られ、裂溝の底部まで広  
い面積にわたる効果的な酸処理と良好なタグ形成  
がなされた。

填塞剤の保持についてはエッチングによる機械  
的な接着力だけでなく、填塞剤の性質、微細漏洩  
の問題など様々な要因が関与するが、従来、裂溝  
のアンダーカット部の機械的な保持と裂溝入り口付  
近のエッチング効果による保持に期待出来なかつ  
た。しかしながら、著者らの考案したD. F. S. P. を  
裂溝清掃に応用することにより、エッチングも裂  
溝の底部まで効果がみられ、また填塞剤の浸入も  
容易であったことから填塞剤の保持についても、  
その効果は大きいと考えられる。

近年、sealantの填塞は健全歯の小窩裂溝齲蝕  
の予防手段だけではなく、初期齲蝕進行抑制手段  
としても応用されている<sup>21,23)</sup>。初期齲蝕では、齲蝕  
がエナメル質に限定され、これに沿って穿下性に  
広がって進行するため、健全エナメル質部の削除  
なしに齲蝕罹患歯質を除去することは不可能であ  
る。しかし、幼若永久歯咬合面小窩裂溝にみられ  
る初期齲蝕は、咬合面窩洞を形成するには、形態  
的に十分な予防拡大が難しいばかりでなく、歯質  
の化学的性状も成熟した歯質と比べて齲蝕感受性  
も高く、脱灰などの侵襲を受け易いため、安定し  
た予後を得ることが困難である<sup>24)</sup>。また、この時期  
に形成充填や鑄造修復など行なうことは、修復物  
辺縁の齲蝕再発や複雑な裂溝の追求による大きな  
窩洞外形は、歯面ごとに齲蝕発生の時期が異なる  
幼若永久歯では永久修復時の窩洞形態を不利にし  
てしまうなどの問題を生じ易い。そのような観点  
から幼若永久歯の初期齲蝕に早期の歯質の削除は  
可能なかぎり避けるべきであるとする報告もみら  
れる<sup>21)</sup>。したがって、子どもの成長、発達に添った  
歯科臨床の中では予防、あるいは予防的処置も含  
め広く手段を有することが必要であり、定期的に  
口腔の健康を維持、増進させるためのシステムの中  
で保健指導、他の予防処置と並行しながらシー  
ラントを応用することは、齲蝕抑制に大きな効果  
が期待できると思われた。

## 結 論

fissure sealant を応用する際の小窩裂溝の清掃法に、著者らの考案したD. F. S. P. (Diamond Fixed Scratch Point) を使用し、ブラシコーン、エアフローによる清掃法との清掃効果およびエッチング効果の違いをSEM像にて観察、比較検討し以下の結論を得た。

- ①従来から行なわれている、ブラシコーンによる清掃法は小窩裂溝部の残遺物の除去について無効と認められた。
- ②エアフローによる清掃は、裂溝入り口付近ではほぼ良好な清掃効果とエッチング効果が認められるが、狭窄部以下に debris や有機性残遺物が存在し裂溝内歯面のエッチング効果は認められなかった。
- ③本研究で独自に開発したD. F. S. P. を使用した清掃法では、裂溝壁部エナメル質表面は一層開削され新鮮エナメル質の露出がみられ、良好な清掃状態及びエッチング効果を得ることができた。
- ④D. F. S. P. を用いた極めて軽度な機械的清掃によって、従来の清掃方法では効果が期待し難いと考えられる深達型裂溝の清掃に効果が確認された。

## 文 献

- 1) 西野瑞穂, 内田昭次, 今西秀明, 宇野桂子(1982) ヒト幼若エナメル質の萌出後成熟に関する研究. 小児歯誌, 20: 15-20.
- 2) 須賀昭一(1976) エナメル質形成の観点からみたエナメル質表層の構造と組成. 虫歯のシンポジウム(う蝕感受性), 第1版, 5-42. 医歯薬出版, 東京.
- 3) 塩田研次(1968) エナメル質の構造とう蝕の広がり方. 第1版, 25-47. 医歯薬出版, 東京.
- 4) 石井俊文(1976) エナメル質崩壊過程における侵襲口と再石灰化現象. 虫歯のシンポジウム(う蝕感受性), 第1版, 5-42. 医歯薬出版, 東京.
- 5) 栗沢靖之(1967) 咬合面溝の形態学的再検討. 日大歯学, 41: 269-271.
- 6) 近藤清志(1984) 第一大臼歯の齲蝕罹患に関する研究—萌出過程における齲蝕罹患様相について— 日大歯学, 58: 85-95.
- 7) K. Thomn(1950) Occlusual Fissures: Oral Pathology 3rd. Ed., 444. C. V. Mosby, St. Louis.
- 8) 宮野 稔, 川越武久, 大沢三武郎(1974) 萌出途上及び萌出後間もない第一大臼歯の齲蝕罹患について. 口腔衛生会誌, 24: 235-239, 1974.
- 9) 岩倉政城, 島田義弘, 高木興氏, 白戸勝芳(1978) 第一大臼歯咬合面の齲蝕発病—特に萌出状況との関連から—, 口腔衛生会誌, 28: 163.
- 10) 川上 進(1977) 小窩裂溝封鎖材に関する基礎的研究(1)小窩裂溝清掃法, および Sealant の侵入性と裂溝部エナメル表層の脱灰性について. 日歯保誌, 20: 287-300.
- 11) Tayler. C. L. and Gwinnett, A. J. (1973) A Study of the penetration of sealants into pits and fissures. J. Am. Dent. Assoc. 87: 1181-1188.
- 12) Horowitz, H. S., Heifetz, S. B. and Poulsen, S (1977) Retention on and effectiveness of a single application of an adhesive sealant in preventing occlusal caries, -final report after five year of a study in Kalispell, Montana. J. A. D. A. 95: 1133-1139.
- 13) Haupt, M. and Sheykhaeslam, Z (1978) The clinical effectiveness of Delton fissure sealant after one year. J. Dent Child. 45: 130-132.
- 14) 藤田恒太郎(1973) 歯の組織学, 128, 医歯薬出版, 東京.
- 15) 永野敏郎(1960) 臼歯咬合面の小窩裂溝の形態と齲蝕の初発部位との関係 歯科学報. 60: 1178-1188.
- 16) 青木幸一(1975) 小窩裂溝内の清掃に関する研究. 口病誌, 42: 257-262.
- 17) Buonocore, M. G. (1955) A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J. Dent. Res. 34. 849-853.
- 18) Chow, V. C., and Brown, W. E. (1973) Phosphoric acid conditioning of teeth for pit and fissure sealants. J. Dent. Res. 52: 1158.
- 19) Bowen, R. L (1978) Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. XTD. Enamel mordant selection assisted by ESCA (xps). J. Dent. Res. 57: 551-556.
- 20) 伊藤公人(1980) 予防填塞に関する研究, 一酸処理操作への超音波の効果. 岐歯学誌, 8: 143-149.
- 21) 竹内京子(1983) GK-101による小窩裂溝清掃に関する基礎的研究. 小児歯誌, 21: 768-781.
- 22) 金児晴夫, 今井康仁, 宮沢裕夫, 今西孝博, 赤羽章司(1986) 予防填塞法に関する研究—歯面清掃法の違いによるエッチング効果と小窩裂溝清掃法. 小児歯誌, 24: 1-12.
- 23) 大森郁朗, 国本洋氏, 竹内京子, 井端和弘, 笹岡恵子(1983) GK-101を併用したシーラントの初期う蝕罹患小窩裂溝填塞に関する研究. 小児歯誌, 21: 169-178.
- 24) 大森郁朗(1980) エナメル質の生化学的性状. 歯界展望, 56: 531-540.