

ONE-STEP 접착제의 상아질 접착에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

조영곤 · 박성택 · 박광수

Abstract

A STUDY ON THE DENTIN BONDING OF ONE-STEP BONDING AGENT

Young-Gon, Cho, Sung-Taek, Park, and Kwang-Soo, Park

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chosun University

The purpose of this study was to observe the morphologic change of dentinal surface, adhesion in interface between dentin and bonding agents, and penetration pattern of resin tags into dentinal tubules according to bonding procedure of ONE-STEP universal adhesive system.

Ten extracted human molars were mounted in dental stone and sectioned to expose mid-coronal occlusal dentin and again sectioned tooth crown apically. Specimens were randomly assigned to three groups for dentin conditioning with 32% phosphoric acid, two coats of bonding agents after dentin conditioning, and bond of composite resin.

The surfaces of dentin were treated with etchant and applied bonding agent, and bonded composite resin according to the directions of manufacturer.

Specimens which were boned composite were sectioned longitudinally for observing interfaces between resin and dentin. Two of specimens which were sectioned longitudinally were immersed in 6 N HCL for 30 seconds and 1% NaOCL for 12 hours to partially demineralize and deproteinize the dentin substrate.

Each specimen was mounted on a brass stub, sputter-coated with gold and observed under SEM.

*이 논문은 1996년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

The result were as follows :

1. On the dentinal surface which was conditioned with 32% phosphoric acid, the smear layer was completely removed, orifices of dentinal tubules were opened 3-5 μm wide, and dentinal surface was irregular.
2. On the dentinal surface which was applied ONE-STEP bonding agent, resin particles were observed on the orifices of dentinal tubules and intertubular dentin.
3. There were close adaptation between dentin and resin and were the pattern which composite invaded into dentin.
4. 1-3 μm -wide hybrid layer was visible in the interface between dentin and resin.
5. Long and funnel shaped resin tags were observed in demineralized specimens, and the surfaces of tags were rough.

I. 서 론

과거에 상아질 표면의 직접적인 산부식처리는 치수의 자극을 유발시키는 것으로 인식되어 그 사용이 제한되었다. 그러나 Fusayama 등¹⁾이 인산에 의한 상아질의 부식처리는 치수염증을 증가시키지 않는다고 보고한 아래 치수자극의 원인은 미세누출에 의한 세균의 침투때문으로 고려되어 상아질의 산부식처리는 여러가지 접착시스템에서 흔히 사용되고 있다^{2,3,4)}. 상아질 표면에 대한 산부식제의 사용으로 도말층이 제거되고 상아질 표면이 부분적으로 탈회되며 콜라겐 망상구조에 미세한 공간(microporosities)이 형성된다^{5,6)}.

이렇게 산부식 처리된 상아질은 낮은 표면 에너지를 갖게 되므로 접착제가 잘 침투되지 못하게 되며 이러한 문제점을 해결하기 위하여 primer가 사용된다⁶⁾.

상아질 primer는 Munksgaard 등⁷⁾에 의해 소개되었으며, 이들은 HEMA와 glutaraldehyde의 혼합액으로 상아질을 처리한 결과 복합레진의 상아질에 대한 접착력이 뚜렷이 개선되었음을 보고하였다. 또한 Kanca⁸⁾는 HEMA가 함유된 primer에 서로 다른 용매를 첨가하여 상아질에 대한 결합강도를 비교한 결과 아세톤을 용매로 사용한 primer가 가장 높은 결합강도를 보였음을 보고하고, 이러한 결합강도의 증가는 아세톤이 물의 증발력을 증가시키고 또한 물의 표면장력을 감소시켜 상아질 표면의

젖음성을 개선시켰기 때문으로 설명하였다. 이와 같이 상아질 primer는 탈회된 콜라겐 망상구조로 침투되어 접착제가 잘 침투되고 젖음성이 좋은 상태로 표면 에너지를 전환하게 된다⁶⁾.

1951년 Hagger⁹⁾에 의해 상아질 접착제의 개발을 위한 시도가 이루어진 이래 많은 연구와 노력끝에 1세대 접착제에서부터 시작하여 현재는 4, 5세대의 향상된 접착제가 개발되어 사용되고 있다. 접착제는 primer에 의해 제공된 양호한 표면 에너지와 함께 표면을 효과적으로 젖게하여 콜라겐 망상구조로 잘 침투되도록 하고, 접착제가 광선에 의해 중합되면 이는 망상구조내에 기계적으로 결합하게 된다⁶⁾.

상아질과 복합레진의 접착기전에 관하여 Nakabayashi 등¹⁰⁾은 상아질과 레진사이에 형성된 레진 침투층 즉, 혼화층의 형성때문이라고 보고하였다. Gwinnett 등¹¹⁾은 혼화층의 형성과 전단결합강도의 상호관계를 평가한 결과 혼화층의 형성이 전단결합강도의 향상에 밀접한 관계가 있다고 하였다.

Cao 등¹²⁾은 EDTA로 도말층을 제거한 후 주사전자현미경상에서 레진과 상아질사이에 폭 6-8 μm 의 혼화층과 치밀한 레진 tags의 형성을 관찰하였다.

현재 사용되고 있는 제 4세대 접착시스템은 상아질의 산부식처리후 primer와 접착제를 분리하여 사용하지만 최근에 소개된 제 5세대 접착시스템인 ONE-STEP은 primer와 접착제를 하나의 과정에서 시행하므로 작업시간을 단축할 수 있다. 이 시

스템에는 상아질과 법랑질 모두에서 사용할 수 있는 32%의 인산을 함유한 UNI-ETCH와 상아질의 priming과 접착을 동시에 할 수 있는 광중합형 ONE-STEP Universal Dental Adhesive가 공급된다. Universal Dental Adhesive에는 아세톤에 용해된 친수성 모노머인 BPDM과 NTG-GMA, Bis-GMA, HEMA, UDMA가 주성분으로 되어 있다.

본 연구에서는 상아질에 대한 ONE-STEP 접착제의 처리과정에 따른 상아질 표면의 변화, 접착제와 상아질 계면의 접착관계 및 상아세관내로의 접착제의 침투양상을 주사전자현미경으로 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

치관부에 치아우식증이 없는 10개의 상, 하악대 구치를 수집하여 치관부의 이물질을 cavitron과 pumice를 담은 저속의 러버컵으로 깨끗이 제거하고 흐르는 물로 세척한 후 실험직전까지 중류수에 보관하였다. 각 치아의 치근부는 경석고를 담은 시험관에 매몰하여 치관부가 노출되도록 하였다.

각 치아는 치관부 높이의 중앙 1/3부 상단을 Diamond Wheel saw(South Bay Technology Co., U.S.A.)로 수평절단하여 교합면의 상아질 표면을 노출시킨 후 다시 치근단부를 수평으로 절단하였다. 타원형의 치아절편 가장자리 부위는 고속의 다이아몬드 기구로 삭제하여 사각형의 형태로 만들었다.

주사전자 현미경적인 관찰을 위해 제작된 10개의 치아절편은 상아질의 산부식 처리만을 위해 4개, 산부식 처리와 ONE-STEP 접착제를 도포하기 위해 2개, 산부식 처리와 ONE-STEP 접착제의 도포 및 복합례진을 부착시키기 위해 4개를 무작위로 분배하였다. 한편 산부식 처리만을 위해 분배된 4개의 치아절편중 2개는 다시 치아절편의 중앙을 근원심 방향으로 수직절단하여 이분시켰다. 그후 현미경에서 관찰될 상아질 표면은 Lapping and Polishing Machine(South Bay Technology CO., U.S.A.)에서 1600 grits까지의 silicon carbide paper로 평활하게 하였다.

각 치아의 절편은 압축공기와 물을 이용하여 깨끗이 세척한 다음 ONE-STEP™ 접착 시스템(BIS-

CO Dent. Prod., U.S.A.)과 shade No. A2의 Aelitefil™ 복합례진(BISCO Dent. Prod., U.S.A.)을 이용하여 다음과 같이 시편을 제작하였다.

1. 상아질 표면의 산부식 처리

수평절편의 상아질 표면에 대한 산부식 효과를 관찰하기 위하여 사각형 형태의 치아절편 2개의 상아질 표면에 benzalkonium chloride가 함유된 32%의 인산겔을 제조회사에서 공급된 솔을 이용하여 도포하고 15초간 방치한 후 압축공기와 물로 15초간 세척하고 압축공기로 건조시켰다. 또한 수직절편의 상아질에 대한 산부식 효과를 관찰하기 위하여 근원심 방향으로 수직절단한 사각형 형태의 치아절편 2개의 교합면측 상아질 표면에 상기와 같은 방법을 이용하여 산부식 처리한 후 세척, 건조시켰다.

2. ONE-STEP 접착제의 도포

수평절편의 부식된 상아질 표면에 도포된 접착제의 양상을 평가하기 위하여 사각형 형태의 치아절편 2개의 상아질 표면을 상기와 같은 과정에 따라 산부식 처리하고 세척한 후 상아질 표면에 있는 과량의 물은 물에 적신 면구로 제거하였다. ONE-STEP 접착제를 용기에 분배하고 공급된 솔에 용액을 충분히 적셔 상아질 표면에 2회 연속적으로 도포한 후 압축공기로 10초간 건조시켰다.

3. 복합례진의 접착

치아절편 4개의 상아질 표면은 상기와 같은 과정에 따라 산부식 처리하고 접착제를 도포한 다음 XL 3000 광조사기 (3M Dental Prod., U.S.A.)로 10초간 광조사시켰다.

Aelitefil 복합례진을 접착제가 도포된 표면에 2mm정도의 높이로 사각형 형태가 되도록 축조, 성형하고 교합면측과 협설측에서 각각 40초간 광조사시켰다.

접착제와 상아질의 접착계면을 관찰하기 위하여 4개의 치아절편중 2개는 절편의 중앙을 따라 근원심 방향으로 Diamond Wheel saw를 이용하여 수직으로 절단시켰다. 또한 상아질에 대한 접착제의 침투양상을 관찰하기 위하여 나머지 2개의 절편은 Diamond Wheel Saw로 근원심 방향으로 300

μm 의 크기로 절단한후 6 N의 염산용액에 30초간 침적시킨후 꺼내어 다시 1 %의 차아 염소산 나트륨 용액에 12시간 보관하여 상아질의 부분적인 탈회와 단백질의 제거를 유도하였다^[13]. 절단과 탈회된 모든 시편은 압축공기와 물로 깨끗이 세척한후 건조시켰다.

4. 절편의 처리와 전자현미경적 관찰

주사전자현미경적인 관찰을 위해 황동으로 된 stub에 치아절편을 부착시키고 2 KV와 20 mA의 전압과 $4 \times 10^2 \text{ m bar/pa}$ 의 진공상태에서 1분동안 225 Å의 두께로 금도금한 후 고배율의 현미경 (JSM-840A Scanning Microscope JEOL Ltd., Japan) 하에서 상아질 표면과 접착제와의 계면을 관찰하고 polarloid 667 필름(Kodak Co., U.S.A.)으로 촬영하였다.

III. 실험성적

32%의 인산으로 처리한 수평절편의 상아질 표면은 깨끗한 표면을 나타냈다. 도말층은 완전히 제거되었고 상아세관의 입구는 부식제에 의해 3-5 μm 의 넓이로 개방되었다(Fig. 1). 수직절편에서 본 수평절편측의 상아질은 개방된 상아세관과 함께 굴곡진 상아질 표면을 나타냈다(Fig. 2).

인산처리후 ONE-STEP 접착제를 연속적으로 2회 도포한 수평절편에서는 개방된 상아세관의 입구와 관간상아질 위에 접착제의 도포에 의해 형성된 레진입자가 훌뿌려져 있는 양상을 나타냈다 (Figs. 3-4).

복합레진 접착후 근원심 방향으로 절단된 수직 절편의 상아질에 대한 복합레진의 접착은 계면사이에 간격이 나타나지 않아 긴밀한 접착관계를 나타냈으며, 상아질내로 복합레진이 손가락같은 형태로 함입되어 있는 양상을 나타냈다(Figs. 5-6). 또한 상아질과 복합레진사이에 1-3 μm 의 혼화층이 관찰되었다 (Fig. 6).

탈회된 시편에서 복합레진을 따라 폭 2-3 μm 의 혼화층이 형성되었고 복합레진에서 상아세관쪽으로 깔때기 모양의 긴 레진 tags가 관찰되었으며, 레진이 침투되지 않는 다수의 상아세관도 관찰되었다 (Figs. 7-8). 고배율에서 레진 tags의 표면은 거칠

게 나타났다(Fig. 8).

IV. 총괄 및 고찰

과거에 사용된 상아질 접착시스템은 상아질 표면의 탈회와 상아기질의 콜라겐을 노출시키기 위한 상아질 처리제가 포함되어 있지 않았다^[14]. 그러나 산에 의한 상아질의 처리에 대한 관심이 증가되면서 상아질의 산처리는 상아질 표면을 탈회시키고 상아기질내에 미세한 다공성(microporosities)을 형성시키기 때문에 복합레진과 상아질간의 긴밀한 접착에 좋은 환경을 제공하는 것으로 인식되고 있다^[3,15,16]. 또한 최근의 연구에 의하면 도말층을 제거하기 위한 산부식제의 사용은 상아질과 접착제의 결합강도를 증가시키는 것으로 나타났다^[17,18].

인산을 이용한 상아질의 부식처리후 상아질 표면의 변화에 관한 주사전자현미경적인 연구가 많이 진행되었다. Prati 등^[19]은 10%의 인산을 함유한 All-Bond 2 상아질 처리제로 상아질을 처리한후 주사전자현미경으로 관찰한 결과 도말층의 제거와 함께 상아세관의 입구가 3-4 μm 로 확대되어 깔때기모양을 떤다고 하였다. 또한 그는 상아질 표면과 상아세관의 내벽이 각각 3-5 μm , 5-8 μm 깊이로 탈회되었으나 상아질 표면하방의 2-5 μm 에서는 콜라겐 섬유가 붕괴되지 않았다고 보고하였다.

본 연구에서 32%의 인산으로 처리한 수평절편의 상아질 표면은 도말층이 완전히 제거되어 깨끗하고 치밀한 표면을 나타내었고 상아세관의 입구는 3-5 μm 의 넓이로 완전히 개방되어 Prati 등^[19]의 실험결과와 비슷하게 나타났다(Fig. 1). 또한 수직절편에서 본 수평절편측의 상아질은 개방된 상아세관과 함께 표면이 붕괴되어 굴곡진 양상을 나타냈다(Fig. 2). 본 연구에서 상아질 표면이 굴곡진 양상으로 나타난 것은 산부식 처리에 의해 관간상아질 하방의 미네날이 붕괴되었기 때문으로 사료된다.

부식처리된 상아질은 표면의 형태변화와 함께 표면장력의 변화가 일어나게 된다. 이러한 표면에 친수성 레진과 아세톤이나 알코올 같은 용매의 혼합체로 구성된 primer를 사용하게 되면 상아질에 있는 남아 있는 수분을 추적(water chase)함으로서 상아세관과 다공성의 콜라겐부위로 레진 접착제가

잘 침투되게 된다²⁰⁾. 이렇게 침투된 상태에서의 레진중합은 레진과 접착제의 견고한 결합을 보장하고 상아질과는 간밀한 접착을 이루게 된다.

본 연구에서 사용된 ONE-STEP 접착제는 primer와 접착제가 동시에 함유된 시스템으로서 인산처리된 상아질 표면에 ONE-STEP 접착제를 연속적으로 2회 도포한 다음 압축공기로 10초간 건조시킨후 제작된 수평절편의 상아질 표면은 개방된 상아세관의 입구와 관간상아질위에 접착제의 도포에 의해 형성된 레진입자가 흘러나온 양상을 나타냈다(Figs. 3-4). 이와같이 본 연구에서 레진입자의 흘러나온 양상은 전자현미경적인 관찰을 위한 시편제작시 상아질 표면이 과도하게 탈수되면서 많은 레진 입자들이 증발되었기 때문으로 사료된다.

상아질과 복합레진의 접착관계에 관한 연구에서 Gwinnett 등²¹⁾은 37%의 인산으로 처리된 상아질은 복합레진과의 계면에서 간격(gap)이 형성되지 않았으나 인산으로 처리되지 않는 상아질에서는 복합레진과의 계면에 간격이 나타났음을 보고하고 이러한 차이는 인산으로 처리된 상아질에 혼화층이 형성되었기 때문이라고 설명하였다.

본 연구에서 복합레진 접착후 수직절편의 상아질에 대한 복합레진의 접착은 계면간에 간격이 없는 긴밀한 접착관계를 나타냈으며 상아질내로 복합레진이 손가락같은 형태로 함입되어 있는 양상을 나타냈다(Figs. 5-6). 본 연구에서 ONE-STEP 접착시스템의 상아질에 대한 긴밀한 접착은 상아질 표면의 탈회와 탈회된 표면에 접착제가 잘 침투되어 혼화층이 형성되었기 때문으로 사료된다.

상아질과 레진 접착제 계면에서의 혼화층의 형성은 접착제의 중요한 접착기전으로 평가되고 있다¹⁰⁾. 과거에 이러한 혼화층은 primer로 처리된 상아질 표면위에 있는 무정형의 구조로 설명되었다²²⁾. 그러나 최근의 연구에서 이는 변화되지 않은 상아질과 복합레진을 유지시켜 주는 interdiffusion zone으로 묘사되고 있다²³⁾.

상아질과 복합레진의 계면에 형성된 혼화층의 두께에 관한 주사전자현미경적인 연구에서 Perdigao 등¹⁸⁾과 Prati 등¹⁹⁾은 vitro상에서 각각 2-3μm와 3-5μm, Walshaw 등²⁴⁾은 vivo상에서 2-5μm의 혼화층이 관찰되었음을 보고하였다. 최근의 연구에서 레진 접착

제가 탈회된 상아질로 6μm까지 확산될 수 있음을 보여 주고 있으며²⁵⁾, 이와같은 혼화층의 형성은 결합강도와 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 보고되고 있다¹¹⁾.

본 연구의 수직 절편에서 상아질과 복합레진사이에 1-3μm 두께의 혼화층이 관찰되었으며(Fig. 6), 염산으로 상아질을 부분적으로 탈회시킨 시편에서는 복합레진을 따라 2-3μm의 혼화층이 형성되었다. 또한 탈회시편에서는 복합레진에서 상아세관 방향으로 주행하는 깔때기 모양의 긴 레진 tags가 관찰되었으며(Figs. 7-8), 레진 tags의 표면은 고배율에서 거칠게 나타났다(Fig. 8).

상아세관내로 침투된 레진 tags의 형태에 관한 주사현미경적인 연구에서 Falian 등²⁶⁾은 상아세관으로 침투된 레진 tags는 상아세관의 직경과 일치된 길고 둥근 형태를 나타냈다고 보고하여 본 연구의 결과와 다른 소견을 보였다.

Gwinnett 등¹¹⁾은 상아질 표면에 남아 있는 수분의 유무에 따른 레진 tags의 표면을 현미경적으로 관찰한 결과 젖은 상아질에 도포한 접착제에 의해 형성된 레진 tags의 표면은 거칠게 나타난 반면 건조된 상아질에서는 부드러운 면을 가진 레진 tags가 관찰되었음을 보고하였다. 본 연구에서 이와같이 레진 tags의 표면이 거칠게 나타난 이유는 상아질의 건조시 물에 적신 면구를 사용하므로서 상아질 표면에 수분이 남아있어 상아세관으로 접착제가 깊이 침투되었기 때문으로 사료된다.

Blair 등²⁷⁾은 상아질의 위치에 따른 레진 tags의 양상을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 치관 중앙부의 상아질에서의 레진 tags는 치밀하고 길게(100-300μm) 침투되었으나 치관 가장자리부의 상아질에서는 짧고 구형으로 나타나 상아질의 위치에 따라 레진 tags의 침투가 서로 상이함을 보고하였다. 따라서 상아질에 레진을 접착시켜 레진 tags를 현미경으로 관찰 할 경우 상아질의 위치에 따른 레진 tags의 침투양상에 대한 차이를 감안하여야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

ONE-STEP 접착제를 이용한 상아질의 처리과정에 따른 상아질 표면의 변화, 접착제와 상아질

계면의 접착관계 및 상아세관내로의 접착제의 침투양상을 평가하기 위하여 상,하악 대구치 10개를 선택하여 경석고에 매몰하고 교합면의 상아질을 노출시킨 후 치근단축을 수평으로 절단하여 절편을 만들었다.

10개의 치아절편중 4개는 산부식처리를 위해, 2개는 산부식처리와 ONE-STEP 접착제의 도포를 위해, 4개는 산부식처리와 ONE-STEP 접착제의 도포 및 복합레진을 부착하기 위해 무작위로 분배하였다. 제조회사의 지시에 따라 분배된 절편의 상아질에 산부식 처리, 접착제의 도포 및 복합레진을 부착시키는 과정을 각각 시행한 후 각 시편의 주사전자현미경적인 관찰을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인산으로 처리된 상아질 표면은 도말층의 제거와 함께 상아세관의 입구가 3-5 μm 의 넓이로 개방되었으며, 굴곡진 표면을 나타냈다.
2. 접착제를 도포한 상아질 표면에는 개방된 상아세관의 입구와 관간상아질 위에 레진입자가 흘러져 있는 양상을 나타냈다.
3. 상아질에 대한 복합레진의 접착은 긴밀한 접착관계를 나타냈으며, 상아질내로 복합레진이 손가락같은 형태로 함입되어 있는 양상을 나타냈다.
4. 상아질과 복합레진의 계면에 1-3 μm 두께의 혼화층이 관찰되었다.
5. 탈회시편에서는 복합레진에서 상아세관쪽으로 깔때기 모양의 긴 레진 tags가 관찰되었으며, 레진 tags의 표면이 거칠게 나타났다.

참고문헌

1. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N., and Iwaku, M.:Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin, *J. Dent. Res.*, 58:1364-1379, 1979.
2. Swift, E.J., and LeValley, B.D.:Microleakage of etched-dentin composite resin restorations, *Quint. Int.*, 23:505-508, 1992.
3. Pashley, D.H.:The effect of acid etching on the pulpodentin complex, *Oper. Dent.*, 17:229-242, 1992.
4. Fortin, D., Perdigao, J., and Swift, E.J.: Microleakage of three new dentin adhesives, *Am. J. Dent.*, 7:315-317, 1994.
5. Joynt, R.B., Davis, E.L., Wieczkowski, G., and Yu, X.Y.:Dentin bonding agents and the smear layer, *Oper. Dent.*, 16:186-191, 1991.
6. Erickson, R.L., and Glasspoole, E.A.:Bonding to tooth structure: A comparison of glass-ionomer and composite-resin systems, *J. Esth. Dent.*, 6:227-243, 1994.
7. Munksgaard, E.C., and Amussen, E.:Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde, *J. Dent. Res.*, 63:1087-1089, 1984.
8. Kanca, J.:Effect of resin primer solvents and surface wettness on resin composite bond strength to dentin, *Am. J. Dent.*, 5:213-215, 1992.
9. Hagger, O:Swiss patent 278946; British patent 687299, 1951.
10. Nakabayashi, N., Nakamura, M., and Yasuda, N.: Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism, *J. Esth. Dent.*, 6:133-138, 1991.
11. Gwinnett, A.J., and Kanca, J.A.: Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond strength, *Am. J. Dent.*, 5:73-77, 1992.
12. Cao, Z., Huang, L., and Jiang, J.:A scanning electron microscopic observation of inner carious dentin after cleansing and of the dentin-resin interface, *Quint. Int.*, 23:439-444, 1992.
13. Nakabayashi, N., and Takarada, K.:Effect of HEMA on bonding to dentin, *Dent. Mat.*, 8:125-130, 1992.
14. Tashi, Y.U., Swartz, M.L., Phillips, R.W., and Moore, B.K.:A comparative study: Bond strength and microleakage with dentin bonding systems, *Oper. Dent.*, 15:53-60, 1990.
15. McLean, J.W.:Dental bonding agents versus glass-ionomer cements, *Quint. Int.*, 27:659-667, 1996.
16. Byung, I.S.:All-bond - Fouth generation dentin

- bonding systems, *J. Esth. Dent.*, 3:139-147, 1991.
17. Kanca, J.: Dental adhesion and the All-Bond system, *J. Esth. Dent.*, 3:129-132, 1991.
18. Perdigao, J., Denehy, G.E., and Swift, E.: Effects of chlorhexidine on dentin surfaces and shear bond strengths, *Am. J. Dent.*, 7:81-84, 1994.
19. Prati, C., Ferrieri, P., Galloni, C., Mongiorgi, R., and Davidson, C.L.: Dentine permeability and bond quality as affected by new bonding systems, *J. Dent.*, 23:217-226, 1995.
20. Kanca, J., and Gwinnett, A.J.: Successful marginal adaptation of a dentin-enamel bonding system in vitro and in vivo, *J. Esth. Dent.*, 6:286-294, 1994.
21. Gwinnett, A.J., and Kanca, J.: Micromorphological relationship between resin and dentin in vivo and in vitro, *Am. J. Dent.*, 5:19-23, 1992.
22. Watanabe, T., Sano, M., Itoh, K., et al.: The effects of primers on the sensitivity of dentin, *Dent. Mat.*, 7:148-150, 1991.
23. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., et al.: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different adhesive systems, *J. Dent. Res.*, 71:1530-1540, 1991.
24. Walshaw, P.R., and McComb, D.: SEM characterization of the resin-dentine interface produced in vivo, *J. Dent.*, 23:281-287, 1995.
25. Van Meerbeek, B., Mohrbacher, J.P.C., Roose, J.R., Braem, M., et al.: Chemical characterization of the resin-dentin interface by micro-Raman spectroscopy, *J. Dent. Res.*, 72:1423-1428, 1992.
26. Falian, H., Dexin, Z., Weizhong, J., and Guangming, Z.: Bonding of resinous filling materials to acid-etched teeth: a scanning electron microscopic observation, *Quin. Int.*, 20:27-30, 1989.
27. Blair, F., Whitworth, J., and Wassell, R.: Impregnation by dentine bonding agents into instrumented root-face dentine, *J. Dent.*, 23:289-294, 1995.

사진부도 설명

Fig. 1. The smear layer is removed and the orifices(OF) of tubules are 3~5 μ m wide. SEM×2,000

Fig. 2. Dentinal surface(DS) is irregular in longitudinal section. SEM×2,500

Fig. 3. Resin particles(P) are dispersed on the orifices of tubules and intertubular dentin. SEM×1,000

Fig. 4. Higher magnification of Fig. 3. SEM×2,500

Fig. 5. No gaps are present in the interface between composite resin(C) and dentin(D). SEM×800

Fig. 6. Composite resin(C) invades into dentin(D) like a finger and 1~3 μ m wide hybrid(H) layer is present in the interface between composite and dentin. SEM×5,000

Fig. 7. Long and funnel shaped resin tags(T) are showed in demineralized specimens and 2~3 μ m wide hybrid layer is present, SEM×800

Fig. 8. The surfaces of resin tags(T) are rough. SEM×3,300

사진부도

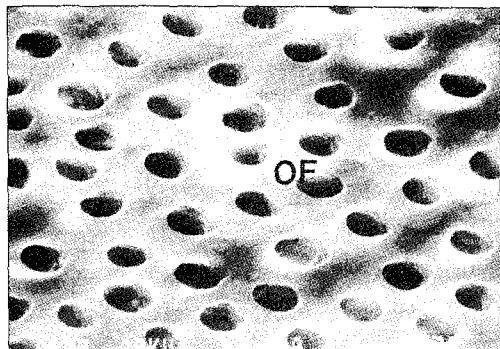


Fig. 1

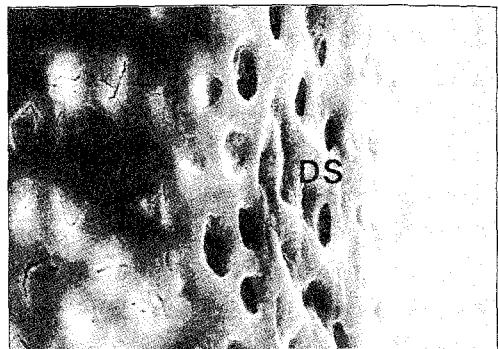


Fig. 2

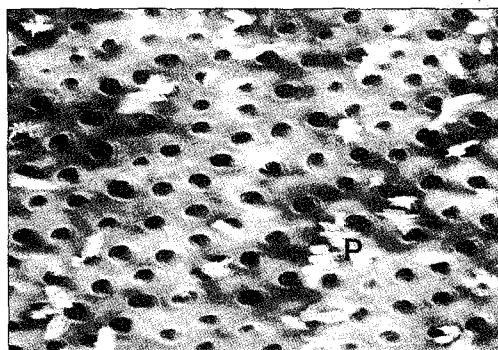


Fig. 3

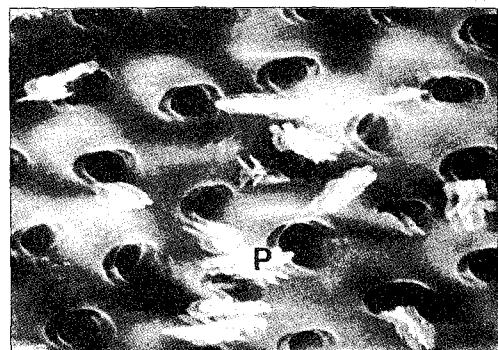


Fig. 4

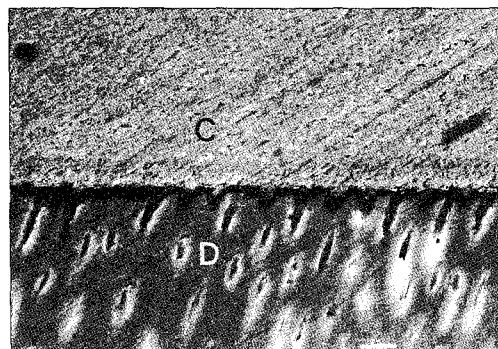


Fig. 5

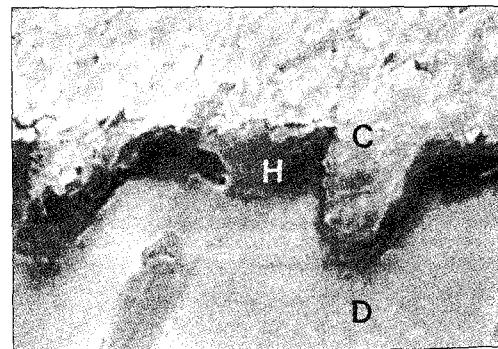


Fig. 6

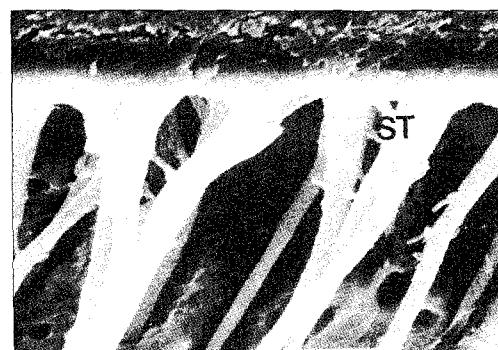


Fig. 7

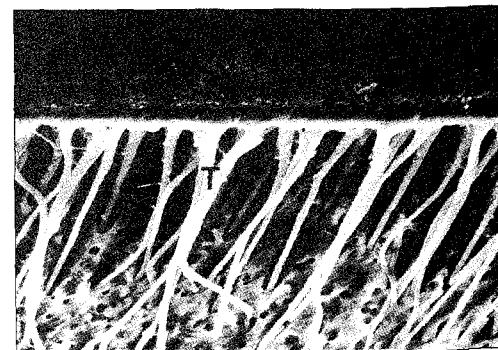


Fig. 8