

## 화학제재를 이용한 우식상아질 제거효과 및 레진과의 결합강도에 관한 연구

강덕일 · 박인천 · 이난영 · 이상호 · 이창섭

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

본연구는 유치와 영구치의 우식상아질을 제거하는 방법에 따른 상아질표면의 변화와 산부식양상, 혼성층의 양상, 그리고 이들이 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도에 미치는 영향을 평가할 목적으로 시행되었다. 92개의 유구치와 92개의 영구 구치를 준비하여 상아질 표면을 노출시키고 인공우식을 유발시켰다. 이중 32개의 유구치와 32개의 영구구치는 Carisolv™과 bur로 삭제후 상아질표면을 SEM관찰하였으며 나머지 치아에서는 레진-상아질간 전단결합강도를 측정하였다. 두가지 접착시스템(Single bond system, self-etching bonding system)과 한 종류의 레진(Z250, 3M)을 사용하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다

1. Carisolv™의 우식치질 제거효과는 영구치보다 유치에서 더 우수하였으며, bur로 제거한 경우보다 더 거친 상아질 표면이 관찰되었다.
2. 산부식처리한 경우 유치와 영구치 모두 우식제거방법과 관계없이 도말층이 제거된 양상을 보였다.
3. Single bond system을 이용한 경우 두터운 2-4µm의 혼성층과 10-15µm의 adhesive layer가 관찰된 반면, self-etching bonding system에서는 비교적 얇은(1-2µm) 혼성층만이 형성되었다.
4. 전단결합강도는 유치와 영구치 모두 우식제거방법에 관계없이 Single bonding agent를 적용한 경우에 self-etching bonding agent를 적용한 군보다 유의하게 높게 나타났다(P<0.05).
5. Carisolv™와 self-etching bonding agent 처리군에서 bur와 self-etching system 처리군보다 다소 높은 전단결합강도를 보였으나 유의성은 없었다(P>0.05).

**주요어** : 화학-기계적 우식제거시스템, Carisolv™, 혼성층, 상아질 전단결합 강도

### I. 서 론

치아의 외동형성과 우식의 제거에 대한 최근의 경향은 최소한의 치질삭제와 환자의 편안함을 증가시키는 방향으로 발전되어 왔으며 접착수복학의 발전과 함께 더욱 중요성이 강조되고 있다. 일반적으로 치아의 외동 형성 및 우식상아질의 제거는 드릴을 사

용한다. 그러나 이러한 시스템은 우식치질에 인접한 건전한 치질을 삭제할 수 있으며<sup>1)</sup>, 삭제시 과도한 열이 발생되어 치수에 치명적인 손상을 주는 경우도 있다<sup>2)</sup>. 또한 환자에게 불쾌감 및 통증을 야기하기 때문에 대부분 치과마취를 필요로 한다<sup>3,4)</sup>. 특히 어린이의 경우 침습적인 치과 마취와 고속 및 저속의 핸드피스 소음과 진동은 치과치료에 대한 불안과 공포의 대상이 되어 치료를 거부하거나 행동조절이 되지 않는 이유가 되기도 한다.

최근에 이러한 불안과 공포를 발생시키지 않고 좀 더 안락한 상황에서 치아우식증의 수복을 시행하기 위하여 소음과 진동이 없고 비교적 마취를 필요로 하지 않는 수복방법들이 연구되고 있는데, 레이저를 이용한 치아삭제<sup>5-8)</sup>와 화학적 약물을 이용한 치아우식증의 제거방법 등을 대표적으로 들 수 있다<sup>9-11)</sup>.

화학제재를 이용하여 우식상아질을 제거하는 방법은 1975년

교신저자 : 이 창 섭

광주시 동구 서석동 421  
조선대학교 치과대학 소아치과학교실  
Tel : 062-220-3860, 3864  
E-mail : csalee@chosun.ac.kr

\*이 논문은 2000년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

Habib 등<sup>10)</sup>에 의해 처음 소개된 이후 상품화되어 제품 (Caridex™, National Patent Medical Products, USA)화 되었으나 우식상아질 제거 능력이 낮아 사용되지 않았으며 이후 향상된 기능을 가진 상품인 Carisolv™ (Medi Team, Sweden)가 개발, 시판되었다<sup>11)</sup>.

Carisolv™의 우식상아질의 제거 효과에 대해 Ericson 등<sup>12)</sup>은 유치 및 영구치에서 107명 중 3명만이 동통을 호소한 반면 bur를 이용한 경우 20명 중 9명이 동통을 호소하여 마취가 필요하였으며 어떤 임상적 부작용 없이 우식상아질을 효과적으로 제거하였다고 보고한 반면, Hosoya<sup>11)</sup>등은 증례 중 63.6%에서 우식상아질이 충분히 제거되지 않았으며 치은의 발적과 종창이 유발되었다고 보고한 바 있다. 또한 Fure 등<sup>13)</sup>은 Carisolv™를 이용하여 우식상아질을 제거하고 수복한 후 1년간의 관찰기간 동안 Carisolv™와 bur를 이용하여 치료한 병소의 수복물 및 치수의 상태 등에서 차이가 없었으며, gel을 이용한 경우 치료시간이 다소 길어지지만 마취의 필요성이 적기 때문에 이의 보상이 될 수 있다고 보고한 바 있다.

상아질 우식병소의 수복시 와동형성 후에 형성되는 상아질 표면은 접착수복제의 결합에 중요한 역할을 한다는 것은 널리 알려져 있으며, 상아질과 수복물의 결합 강도는 와동형성과 우식상아질의 제거로 인하여 형성되는 도말층이나 처리된 상아질 표면과 레진결합제의 상호작용으로 형성된 혼성층(hybrid layer) 등에 의하여 영향을 받는다고 알려져 있다<sup>14,15)</sup>. Fusayama<sup>1)</sup>와 Banerjee 등<sup>16)</sup>의 보고에 의하면 Carisolv™는 도말층을 형성하지 않고 상아세관을 노출시키며, Emanuel과 Broom<sup>17)</sup>은 Carisolv™로 처리된 상아질 표면은 bur에 의해 제거된 것보다 표면에너지가 더욱 증가시켜 레진 접착제에 대한 친화성을 증가시킨다고 보고한 바 있다. 이는 Carisolv™를 이용하여 우식치질을 제거한 상아질 표면과 bur를 이용하여 우식치질을 제거한 상아질표면의 차이가 있으며, 이는 접착수복학 분야에서 상아질 처리제로서 도말층을 완전히 제거하는 total-etching system과 최근에 소개된, 도말층을 완전히 제거하지 않고 혼성층에 포함시키는 self-etching system과의 상아질-레진 결합에 상당히 영향을 미칠 것으로 사료된다.

현재까지 화학제재를 이용한 유치 및 영구치 상아질의 제거 효과 및 제거 후 잔존 상아질면에 대한 레진결합력에 관한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구는 유치와 영구치의 상아질에 인공우식을 유발한 후 Carisolv™와 저속 round bur를 이용한 우식상아질의 제거가 유치와 영구치의 상아질 표면에 미치는 영향과 이러한 표면의 구조적 차이가 복합레진의 접착 강도에 어떤 영향을 미치는지를 규명하기 위하여 시행되었다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험재료

우식이나 결함이 없는 영구 구치 92개와 유치 92개의 치아

를 실험재료로 사용하였다. 상아질을 노출시키기 위하여 치아의 협면이 노출되도록 원통형의 플라스틱 통에 교정용레진을 이용하여 매몰한 다음 400 grit silicon carbide paper를 이용하여 약 4mm 직경의 상아질이 노출될 때까지 grinding 한 후 600, 800 grit 순서로 연마하여 약 5mm의 상아질이 노출되도록 하였다. 이후 유치 및 영구치 32개는 전자현미경관찰을 위하여 표면에 어떤 처리도 하지 않고 Ehudin과 Thompson<sup>18)</sup>의 방법에 따라 제조된 인공우식액에 48시간동안 담구어 인공우식을 유발하였다. 나머지 유치, 영구치 각 60개의 치아는 전단결합강도를 측정하기 위하여 직경 4mm의 구멍이 뚫린 celluloid tape을 상아질이 노출되도록 부착한 후 동일한 방법으로 인공우식을 유발하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 우식상아질의 제거 양상

인공우식이 유발된 유치 및 영구치를 8개씩 선택하여 4개의 치아는 Carisolv™를 제조회사의 지시대로 30초 동안 적용한 후 특별히 고안된 기구를 이용하여 가벼운 압력을 가해 우식상아질을 제거하였으며, 4개의 치아는 저속의 4번 round bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 후 주사전자현미경으로 우식이 제거된 상아질 표면을 관찰하였다.

#### 2) 산부식 양상

인공우식이 유발된 유치 및 영구치를 8개씩 선택하여 4개의 치아는 Carisolv™를 이용하여, 나머지 4개의 치아는 bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 후 37% acid etching agent (Scotchbond Multi-Purpose Plus, 3M, USA)를 이용하여 15초 동안 산부식한 후 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

#### 3) 레진-상아질 경계의 혼성층

인공우식이 유발된 유치 및 영구치 16개의 치아 중 유치, 영구치 각 8개의 치아는 Carisolv™를 이용하여 우식상아질을 제거한 후 4개의 치아는 37% acid etching agent을 이용하여 15초 동안 산부식 후 single bonding agent(Scotchbond Multi-Purpose Plus, 3M, USA)를 제조사의 지시대로 도포하고 10초간 광중합(Visilux II, 3M, USA)한 후 복합레진(Z250, 3M, USA)를 약 1.5mm 두께가 되도록 충전한 후 40초간 광중합하였다. 나머지 4개의 치아는 self-etching bonding system(Prompt L-Pop, 3M ESPE, USA)를 제조사의 지시대로 30초 동안 도포하고 가볍게 건조시킨 후 광중합하고 복합레진을 충전하였다.

나머지 유치, 영구치 각 8개의 치아는 bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 후 4개의 치아는 37% acid etching agent을 이용하여 15초 동안 산부식 후 single bonding agent를 도포하고 광중합한 후 복합레진을 충전하고 40초간 광중합하였다.

**Table 1.** Specimen preparation for shear bond strengths to primary and permanent dentin

Group	Dentin	Methods	Etching	Adhesive	No. of specimen
1	Primary	Carisolv™	No	Self-etching	15
2	Permanent	Carisolv™	No	Self-etching	15
3	Primary	Carisolv™	15 sec	Single bond	15
4	Permanent	Carisolv™	15 sec	Single bond	15
5	Primary	Bur	No	Self-etching	15
6	Permanent	Bur	No	Self-etching	15
7	Primary	Bur	15 sec	Single bond	15
8	Permanent	Bur	15 sec	Single bond	15

나머지 4개의 치아는 self-etching bonding system를 도포하고 광중합한 후 복합레진을 충전하였다.

모든 치아는 레진-상아질 경계의 직각으로 치아의 중심을 통과하도록 diamond saw를 이용하여 이등분한 후 한쪽 절편을 800, 1000, 1200, 2400 grit silicon carbide paper를 이용하여 순서대로 연마하였다. 다음에 증류수에 넣고 3분 동안 초음파 세척한 후 0.5N HCl에 30초, 5% NaOCl에 2분 동안 담근 후에 1분간 초음파 세척하였다.

4) 전단결합강도 측정

(1) 시편제작

전단결합강도를 측정하기 위해 준비된 유치, 영구치 각 60개를 여덟 개의 군으로 나누어 두 군은 Carisolv™를 이용하여 우식상아질을 제거한 후 1군은 노출된 유치 상아질면에 self-etching resin system를 도포하고 10초간 광중합한 후 직경 4mm, 길이 2mm의 투명한 원통형 플라스틱 내에 복합레진을 충전하여 도포된 접착제 부위에 압접한 후 40초간 광중합하였다. 2군은 영구치의 상아질에 1군과 동일한 방법으로 시편을 제작하였다. 3군은 유치의 상아질에 37% acid etching agent을 이용하여 15초 동안 산부식 후 single bonding agent를 도포하고 10초간 광중합한 후 1군과 같이 복합레진을 충전하였다. 4군은 영구치의 상아질에 3군과 동일한 방법으로 제작하였다. 5군과 6군은 round bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 후, 5군은 노출된 유치 상아질면에 self-etching resin system를 도포하고 10초간 광중합한 후 1군과 같이 복합레진을 충전하였다. 6군은 영구치의 상아질면에 5군과 동일한 시편을 제작한 것이다. 7군은 노출된 유치 상아질면에 37% acid etching agent을 이용하여 15초 동안 산부식 후 single bonding agent를 도포하고 10초간 광중합한 후 1군과 같이 복합레진을 충전하였다. 8군은 영구치의 상아질에 7군과 동일한 방법으로 제작하였다(Table 1).

(2) 전단결합강도 측정

준비된 시편을 5℃ - 60℃에서 30초씩 500회의 thermocycling을 시행하였다. 만능재료측정기(AGS-100A, Shimadzu,

Japan)를 사용하여 50 kg의 하중에서 2mm/min의 속도로 전단결합강도를 측정하였다.

5) 주사전자현미경 관찰

우식상아질의 제거양상, 산부식양상, 레진-상아질경계의 혼성층에 대한 주사전자현미경 관찰을 위해 준비된 각 치아절편은 60%, 70%, 80%, 90%, 100%의 에탄올에 10분씩 넣어 탈수한 후 2kV와 20mA의 전압과 4×10<sup>-2</sup> bar/pa의 진공상태에서 금도금 처리하였다. 각 시편은 주사전자현미경(JSM-840A Scanning Microscope JEOL Ltd., USA.)하에서 관찰하여 Polaroid 667 film (Kodak Co., USA)으로 촬영하였다.

6) 통계처리

Window용 SPSS 7.5 통계패키지를 이용하여 비모수 통계방법인 Mann-Whitney 검사를 시행하고 다중비교는 Duncan's multiple range test를 이용하여 영구치, 유치의 전단결합강도 및 통계적 유의성을 검사하였다.

III. 실험 성적

1. 주사전자현미경 관찰

1) 우식상아질의 제거 양상

Carisolv™를 이용하여 우식상아질을 제거한 유치에서는 도말층이 관찰되지 않았으며 관간상아질이 더 많이 제거되어 관주상아질이 돌출되는 양상을 볼 수 있었다(Fig. 1). 또한 관간상아질은 얇게 벗겨지는(flaky) 양상을 보였으며, 관주상아질은 조각조각 떨어져 나가는 양상을 보임으로써 bur를 이용하여 제거한 경우에서보다 더 거친 상아질 표면을 관찰할 수 있었으며, 이러한 양상은 영구치에서보다 유치에서 더 현저하였다(Fig. 1, 2). 한편 Carisolv™를 적용한 영구치에서는 약간의 도말층으로 보이는 막이 상아세관을 덮고 있어서 상아세관의 노출정도는 유치에서보다 적었으나, bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 경우에서보다 더 거친 표면이 관찰되었다(Fig. 2). 반면 bur를 이용하여 우식상아질을 제거한 시편에서는 유치 및

**Table 2.** Shear bond strengths to primary and permanent dentin

Group	Dentin	Methods	Adhesive	Mean(S.D)	(unit:MPa)
1	Primary	Carisolv™	Self-etching	13.95(4.14)	
2	Permanent	Carisolv™	Self-etching	14.99(3.05)	
3	Primary	Carisolv™	Single bond	16.03(3.81)	
4	Permanent	Carisolv™	Single bond	17.48(6.83)	
5	Primary	Bur	Self-etching	12.87(2.61)	
6	Permanent	Bur	Self-etching	13.06(1.85)	
7	Primary	Bur	Single bond	15.33(3.68)	
8	Permanent	Bur	Single bond	18.21(4.40)	

Intra-group data connected by vertical line are significant difference(P<0.05)  
S.D : Standard deviation

영구치 모두 도말층에 의해 상아질 표면이 덮혀 있어 상아세관이 관찰되지 않았으며, Carisolv™를 적용한 경우에서보다 평활한 표면이 관찰되었다(Fig. 3, 4).

2) 산부식 양상

37% phosphoric acid를 이용하여 15초 동안 산부식한 경우 우식제거 방법에 관계없이 유치, 영구치 모두에서 도말층이 제거되고 상아세관이 완전하게 노출되는 양상이 관찰되었다(Fig. 5-8). 유치의 상아세관의 수 및 직경은 영구치와 다르게 나타났는데, Carisolv™를 적용한 경우 유치와 영구치의 상아세관의 직경은 유사한 반면 단위 면적 당 상아세관 수는 영구치에서 보다 많은 것을 볼 수 있었다(Fig. 5, 6). 산부식을 시행한 유치 및 영구치에서 상아세관의 직경은 유치에서 더 크게 나타났으며, 단위 면적 당 상아세관 수도 많이 관찰되었다(Fig. 7, 8).

3) 레진-상아질 경계의 혼성층 양상

유치와 영구치 모두 우식상아질의 제거 방법과 관계없이 산부식 후 single bonding agent를 도포한 경우 2-4μm 두께의 혼성층 및 10-15μm 두께의 adhesive layer가 관찰되었으며, 상아질과 접착제, 접착제와 치질은 비교적 긴밀하게 접촉되어 있는 양상을 볼 수 있었다(Fig. 10, 12, 14, 16). 그러나 유치와 영구치 모두 우식상아질의 제거 방법과 관계없이 self-etching bonding agent를 적용한 경우 1-2μm 두께의 혼성층만이 관찰될 뿐 adhesive layer는 관찰되지 않았으며, 치질과 복합레진 사이에 간극이 형성되어 있었으며(Fig. 9, 13, 15), 도말층과 같은 불순물이 게재되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 9). Self-etching bonding agent를 적용한 경우 Carisolv™와 bur에 의한 제거 방법에 따른 차이는 관찰되지 않았다(Fig 9, 11, 13, 15). 모든 실험 군에서 상아질 접착제와 치질사이는 견고한 결합이 이루어진 것을 볼 수 있으며, 상아세관 내에 레진이 침투하여 형성된 레진 tag를 관찰할 수 있었다.

2. 전단결합강도 측정

Table 2는 각 군의 전단결합강도를 나타낸 것이다. 유치 및 영구치에서 우식상아질의 제거 방법에 관계없이 전단강도는 single bonding agent를 적용한 경우에 self-etching bonding agent를 적용한 군보다 유의하게 높게 나타났으며(P<0.05), 영구치에서 다소 높은 양상을 보이지만 통계학적인 유의성은 존재하지 않았다. Carisolv™와 self-etching bonding agent 처리군(유치;13.95±4.14, 영구치;14.99±3.05)에서 bur와 self-etching system 처리군(유치;12.87±2.61, 영구치;13.06±1.85)보다 다소 높은 경향은 있으나 통계적인 유의성은 없었다. 각 군 내에서 유치보다 영구치에서 다소 높은 경향을 보이지만 역시 유의성은 존재하지 않았다.

IV. 총괄 및 고안

Chemo-mechanical caries removal system으로 처음 소개된 Caridex™ (National Patent Medical Products, USA)<sup>19)</sup>은 sodium chlorite(NaOCl)의 비특이성 단백질 가수분해효과를 가지고 있다. NaOCl은 amino acid (N-mono-chloro-DL-2-aminobutyric acid, NMAB)와 반응하여 견전한 조직에 대한 분해작용이 감소된다<sup>20)</sup>. NMAB는 우식상아질 내의 변성된 collagen의 염소화(chlorination)와 hydroxyproline의 pyrrole-2-carboxylic acid로의 전환으로 우식상아질 내의 변성된 collagen fiber의 붕괴가 시작된다<sup>10,21)</sup>. 이 system은 상아질을 동통없이 제거할 수 있어 마취가 필요하지 않으며, 상당히 거친 상아질 표면을 형성함으로써 복합레진 또는 글래스 아이오노머의 접착에 유리하다<sup>17,22,23)</sup>. 그러나 우식상아질의 제거효과가 낮고 많은 양이 필요하며, 특수한 기구가 필요하다<sup>22)</sup>는 단점이 있다.

이러한 단점을 개선한 Carisolv™가 최근에 소개되었으며, 이는 우식상아질을 제거하는데 0.2-1.0ml만이 필요하며, 특수하게 설계된 기구가 필요하다<sup>22)</sup>. 작용 기전은 Caridex™ 와 같이

sodium chlorite에 근간을 두고 있다. 다른 점은 monoamino-butylic acid가 glutamic acid, leucin과 lysin으로의 대체, sodium chlorite의 농도의 증가, 그리고 점도와 dye agent의 농도를 증가시키기 위한 methyl-cellulose의 첨가 등이다. 다른 전하를 갖는 amino acid가 chlorination될 때 우식상아질 내의 변성된 collagen의 다른 단백질 사슬과 작용하여 collagen의 교차결합을 파괴함으로써 우식상아질의 제거 효과를 증진시키는 것으로 추정된다. 또한 amino acid는 건전한 상아질에 대한 sodium chlorite의 공격효과를 중화시키는 작용을 함으로써 하부의 건전한 상아질을 보호한다. 무딘 날을 가진 기구는 건전한 상아질이 제거되는 것을 방지하며, 최소한의 동통을 유발한다<sup>12,24)</sup>.

Carisolv™의 대한 임상적 연구에서 Ericson 등<sup>12)</sup>은 127명의 스웨덴 환자를 대상으로 평가한 연구에서 gel을 이용한 107명의 중 3명만이 마취가 필요한 반면 bur를 이용한 경우에는 20명 중 9명에서 마취가 필요하였다고 보고한 바 있다. Fure 등<sup>13)</sup>은 gel을 이용한 경우 34명의 환자 중 4명에서, bur를 이용한 경우 26명 중 6명에서 마취가 필요하였다고 보고하고 있다.

Carisolv™ gel의 가장 큰 단점으로는 bur에 의한 방법보다 긴 치료시간 및 우식병소의 접근을 위한 핸드피스의 사용이다<sup>24)</sup>. 치료시간에 대해서 Ericson 등<sup>12)</sup>은 gel을 이용한 경우 10.6(±6.1)분, bur를 이용한 경우 4.4(±2.2)분이 소요되었으나, 107명의 환자 중 78%는 오히려 gel을 이용한 것이 더 빠르거나 같다고 느꼈다고 주장하였으며, Fure 등<sup>13)</sup>은 gel을 이용하여 유치의 치근우식을 제거한 경우 5.9(±2.2)분, bur를 이용한 경우 4.5(±2.0)분이 소요되었지만 마취시간이 포함되지 않았으므로 이를 충분히 보상할 수 있다고 하였으며, Carisolv™ gel은 유치의 치근 우식의 제거에 효과적이라고 주장하였다. 또한 Banerjee 등<sup>9)</sup>은 수종의 우식상아질 제거방법에 따른 속도 및 효과의 비교연구에서 bur를 이용하여 제거한 경우 과도한 치질삭제 경향이 있으며, Carisolv™가 우식상아질의 제거에 가장 효과적이라고 하였다.

이러한 연구결과를 종합해 볼 때 Carisolv™ gel은 마취의 공포 및 핸드피스의 진동 등으로 인하여 공포를 느끼는 소아환자에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료되며, 근래에 사용빈도가 증가하는 복합레진과 병용될 때 더욱 효과적이라고 생각되어 본 연구가 계획되었다.

Carisolv™ gel을 30초 동안 적용한 후 우식상아질 제거효과에 대한 본 연구에서 관상상아질은 얇은 막으로 벗겨지는 양상을 보이며, 관주상아질보다 더 많이 제거됨으로써 관주상아질이 돌출되는 양상을 관찰할 수 있었다. 또한 관주상아질은 조각으로 떨어져 나가는 양상을 보였으며, 도말층이 형성되지 않은 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1, 2). 이러한 소견은 Banerjee 등<sup>16)</sup>이 gel을 30초 동안 적용한 후 관찰한 결과와 유사하였는데, 그들은 이러한 현상은 기구를 이용한 기계적인 효과(abrasion)와 Carisolv™의 화학적인 효과로 인한 것이라고 하였다. Hosoya 등<sup>11)</sup>은 Carisolv™를 3분 동안 건전한 유치와 영구치

의 상아질에 적용한 결과 유치에서 상아세관이 노출되는 평활한 표면을 관찰한 반면 영구치에서 다소 많은 도말층을 관찰하였는데, 이는 평활한 상아질 표면이 형성된다는 점을 제외하고는 본 연구 결과와 유사한 결과였다. Wennerberg 등<sup>25)</sup>은 건전한 상아질 및 법랑질에 20초 동안 gel을 적용한 후 topography를 이용한 표면의 변화를 관찰한 바, 건전한 법랑질은 gel에 영향을 받지 않으나, 건전한 상아질은 표면이 더 평활해진 반면 인산에 의한 산 부식은 상아질 및 법랑질 모두 표면 거칠기를 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에서는 인공우식을 유발한 상아질을 이용하였으며 Hosoya 등<sup>11)</sup>, Wennerberg 등<sup>25)</sup>은 건전한 상아질을 연마하여 사용한 결과로 사료된다. 반면에 bur를 이용한 경우 도말층은 현저하게 많이 형성되었으며 이는 Banerjee 등<sup>16)</sup>의 연구결과와 일치한다.

도말층은 chemo-mechanical caries removal system을 제외한 bur 또는 수기구(excavator) 등을 이용하여 기계적으로 와동을 형성하는 과정에서 형성되는 유기질 및 무기질의 무정형 층으로써 3-10 $\mu$ m의 두께로 상아질 표면에 단단히 부착되어 있어 water spray로 제거가 되지 않으며, 레진과 상아질의 접착을 방해한다<sup>14,26)</sup>. 따라서 상아질과의 충분한 결합력을 얻기 위해서는 반드시 제거되어야 하며, 이는 짧은 시간 동안 상아질 표면을 산부식을 시행함으로써 가능하다<sup>14)</sup>. 본 연구에서도 치아의 종류 및 우식상아질의 제거방법과 관계없이 35% 인산으로 15초간 산부식한 경우 도말층이 완전히 제거되고 상아세관이 노출되었다. 노출된 상아세관의 직경은 영구치에서보다 유치에서 더 큰 것을 알 수 있으며, 단위 면적당 상아세관의 수도 영구치에서보다 유치에서 더 많은 것을 볼 수 있었다(Fig. 7, 8). 이는 일반적으로 유치는 상아질의 두께가 얇고 상대적으로 치수의 부피가 커서 유치의 상아세관 직경이 영구치에서보다 크며, 상아세관의 수도 영구치에서 보다 많고, 상아-법랑질 경계부의 상아세관보다 치수층의 상아세관의 직경이 크며 세관의 수도 많다는 연구 결과와 일치한다<sup>27-30)</sup>. 특히 본 실험에서는 치아의 협면을 상아-법랑질 경계부에서부터 삭제하여 유치와 영구치에서 상아질의 표면적이 같도록 하였기 때문에 이러한 양상이 뚜렷이 관찰된 것으로 보인다.

도말층이 완전히 제거되는 양상은 total-etching adhesive (single bonding 또는 multi-bottle adhesives) system에서는 상아질의 투과성을 향상시킴으로써 상아질 접착에 이상적인 조건이지만<sup>27)</sup>, 최근에 소개된 self-etching (all-in-one 혹은 self-priming) adhesive system은 도말층을 완전히 제거하지 않고 하방에 침투하여 탈회된, 건전한 상아질과 결합함으로써 도말층을 혼성층에 병합하는 접착제이므로<sup>31,32)</sup>, 우식상아질의 제거 방법에 따라 형성되는 도말층의 양 또는 질이 상아질 결합력에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각하였다. 따라서 본 연구에서는 우식상아질의 제거 방법 및 사용되는 접착제에 따라 형성된 혼성층을 전자주사현미경을 이용하여 관찰하였다. 그 결과 total etching system인 single bonding system에서는 2-4 $\mu$ m의 혼성층과 10-15 $\mu$ m의 adhesive layer가 관찰된 반면, self-

etching bonding system에서는 1-2 $\mu$ m 정도의 혼성층이 관찰될 뿐 adhesive layer는 관찰되지 않았다. 또한 수복물과 상아질 사이에 간극이 형성되어 있으며, 이곳에 도말층이 생각되는 이 물질이 게재되어 있는 소견을 보였다(Fig. 9). 10-15 $\mu$ m 두께의 adhesive layer가 형성된 single bonding system에서는 레진과 접착제, 그리고 접착제와 상아질간의 긴밀한 부착을 보였는데, 이는 Kemp와 Davison<sup>33)</sup>은 Van Meerbeek 등<sup>34)</sup>이 복합레진과 상아질 사이에 낮은 modulus of elasticity 재료를 사용함으로써 복합레진이 중합될 때 레진-상아질 경계부에서 중합스트레스를 완충함으로써 우수한 변연 접합성을 얻을 수 있다고 주장한 것과 같이, 본 연구의 single bonding system에서는 modulus of elasticity가 낮은 두꺼운 adhesive layer 층이 형성됨으로써 상부의 레진의 중합수축이 이어날 때 shrinkage stress를 완화하는 층으로 작용한 반면, self-etching system에서는 이층의 부재로 인하여 상부의 레진이 중합수축으로 인하여 발생한 stress에 의하여 접착이 파괴된 것으로 추정된다.

접착방법에 따라 형성된 혼성층의 두께에 관한 연구에서 Hayakawa 등<sup>35)</sup>은 self-etching primer 도포시 상아질의 도말층은 부분적으로 용해되고 1-1.5 $\mu$ m 두께의 혼성층의 형성을 관찰한 바, 본 연구에서와 유사하였으며, Tay와 Pashley<sup>2)</sup>은 본 연구에서와 같은 Prompt L-Pop 사용시 2.5-5 $\mu$ m의 혼성층의 형성으로 본 연구와는 차이가 있다. 이는 실험방법의 차이(주사 혹은 투과전자현미경)인 것으로 사료된다. 한편 Frank-engerber 등<sup>36)</sup>은 single bonding system인 Prime & Bond NT를 적용한 경우 4 $\mu$ m 두께의 혼성층이 형성되었으며, 이는 본 연구에서와 유사하였으나, Prompt L-Pop을 1회 적용한 경우 혼성층은 관찰되지 않았으며, 수회 도포시 약 1 $\mu$ m의 혼성층이 형성되는 것을 관찰하였다. 이는 실험에서 도말층의 두께, 상아질의 젖음성, 상아세관의 직경 및 단위면적 당 상아세관의 수 등의 차이에서 기인할 수 있을 것으로 사료된다.

유치 및 영구치, 우식상아질의 제거방법, 그리고 사용된 접착 system의 종류가 레진과 상아질의 결합강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전단결합강도를 측정하였다. 많은 연구에서 영구의 상아세관의 직경 및 단위 면적당 상아세관의 수는 영구치에서 보다 크고 많으며, 치수쪽의 상아질일수록 이러한 현상이 뚜렷하며, 표층 상아질에서보다 상아세관액이 많이 존재함으로써 레진과 상아질 결합력이 낮다고 보고되고 있다<sup>7,29,30)</sup>. 본 실험에서 통계적 유의성은 없지만 전반적으로 유치 상아질에서 레진의 전단결합강도가 낮게 나타난 것은 영구의 크기가 작아서 영구치 상아질에 비하여 상대적으로 치수에 가까운 상아질을 이용하였기 때문일 수 있다. Hosoya 등<sup>11)</sup>은 상아질 연마 후 self-etching primer system을 적용한 군(유치:15.8 $\pm$ 11.0, 영구치:16.2 $\pm$ 8.6)에서 보다 Carisolv™와 self-etching 처리군(유치:17.5 $\pm$ 4.5, 영구치:31.4 $\pm$ 9.6)에서 유의하게 전단결합강도가 증가하였으며, 특히 유치(17.5 $\pm$ 4.5)에서보다 영구치(31.4 $\pm$ 9.6)에서 전단 결합강도가 높다고 하였다. 또한 Carisolv™를 적용한 후 산부식한 경우 유치에서 결합력(7.6 $\pm$

2.8)은 낮은 반면 영구치(18.2 $\pm$ 7.8)는 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 Carisolv™와 self-etching 처리군(유치:13.95 $\pm$ 4.14, 영구치:14.99 $\pm$ 3.05)에서 bur와 self-etching 처리군(유치:12.87 $\pm$ 2.61, 영구치:13.06 $\pm$ 1.85)보다 다소 높은 경향은 있으나 통계적인 유의성은 없었다. 이러한 결과들은 Hosoya 등<sup>11)</sup>의 Carisolv™와 self-etching 처리군을 제외하고는 유사하였다. 본 실험 결과 유치에서 Carisolv™와 self-etching system을 적용한 군의 전단결합강도가 bur와 single bond system을 적용한 군의 전단결합강도보다 유의한 차가 없이 낮음으로써 Carisolv™와 self-etching system은 영치의 수복시 임상적으로 사용할 수 있는 가능성을 보여준다. 비록 유의차가 존재하지 않더라도 Carisolv™와 self-etching을 적용한 군이 bur와 self-etching을 적용한 군보다 전단결합강도가 다소 높은 것은 제거방법에 따라 형성된 도말층의 특성, 즉 bur로 인하여 두껍게 형성된 도말층으로 인한 상아질 접착제의 낮은 투과성과 Carisolv™를 적용한 경우 얇은 도말층으로 인한 상아질 접착제의 투과성의 증가로 인한 접착력의 차이, 그리고 상부레진의 중합수축으로 인한 stress로 기인하여 상아질과의 접착이 부분적으로 실패 등으로 추측된다.

Tay와 Pashley<sup>2)</sup>는 self-etching system의 도말층을 통과하는 정도와 하부의 상아질을 탈회시키는 깊이에 따라 mild, moderate, aggressive group 등 3군으로 분류하였으며, Prompt L-Pop은 이중 가장 강력한 침투력을 갖는 것으로 분류하였으며, 두꺼운 smear layer도 용해시킬 수 있다고 하였다. 그러나 본 실험에서 Prompt L-Pop을 적용한 경우 혼성층 상부에 도말층으로 추정되는 물질이 관찰되었다. 이를 고려할 때 특히 경미한 침투력 및 용해력을 갖는 self-etching primer는 우식상아질의 제거방법에 따라 형성된 도말층에 의해 더 많은 영향을 받을 것으로 사료된다.

또한 본 연구에서는 치아 및 우식치질의 제거방법과 관계없이 산부식을 시행한 single bonding system을 적용한 군이 self-etching system을 적용한 군에서보다 유의하게 높은 전단결합강도를 보였는데, 이는 산부식을 시행함으로써 표면의 도말층이 완전한 제거되고 일부 건전한 상아질을 탈회한 결과 투과성이 증가된 때문으로 생각된다.

이상을 종합해 볼 때 Carisolv™의 비침습성 및 환자의 안락함 등의 장점과 self-etching agent의 간편성 등은 어린이 환자의 예방적 레진 수복 및 우식증의 수복시에 임상적으로 유용할 것으로 사료되며, 향후 Carisolv™의 적용시간 및 방법, 다양한 접착시스템과의 응용여부, 임상적 내구성 등 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

#### IV. 결 론

유치와 영구치의 우식상아질을 제거하는 방법에 따른 상아질 표면의 변화와 산부식양상, 혼성층의 양상, 그리고 이들이 상아질에 대한 복합레진의 전단결합강도에 미치는 영향을 평가할

목적으로 본 연구를 시행하였다. 유구치와 대구치의 협측 상아 질에 인공우식을 유발시킨 후 Carisolv™와 bur를 이용하여 우 식상아질을 제거하고 single bonding adhesive system과 self-etching bonding system을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Carisolv™의 우식치질 제거효과는 영구치보다 유치에서 더 우수하였으며, bur로 제거한 경우보다 더 거친 상아질 표면이 관찰되었다.
2. 산부식처리한 경우 유치와 영구치 모두 우식제거방법과 관계없이 도말층이 제거된 양상을 보였다.
3. Single bond system을 이용한 경우 두터운 2-4µm의 혼성층과 10-15µm의 adhesive layer가 관찰된 반면, self-etching bonding system에서는 비교적 얇은(1-2µm) 혼성층만이 형성되었다.
4. 전단결합강도는 유치와 영구치 모두 우식제거방법에 관계없이 single bonding agent를 적용한 경우에 self-etching bonding agent를 적용한 군보다 유의하게 높게 나타났다 (P<0.05).
5. Carisolv™와 self-etching bonding agent 처리군에서 bur와 self-etching system 처리군보다 다소 높은 전단결합강도를 보였으나 유의성은 없었다(P>0.05).

참고문헌

1. Fusayama T : Clinical guide for removing caries using a caries-detecting solution. Quintessence Int, 19:397-401, 1988.
2. Tay FR, Pashley DH : Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I : Depth of penetration beyond dentin smear layer. Dent Mater, 17:296-308, 2001.
3. Berggren U, Meynert G : Dental fear and avoidance : cause, symptoms and consequences. J Am Dent Assoc, 108:247-251, 1984.
4. Green RM, Green A : Adult attitudes to dentistry among dental atteners in south wales. Br Dent J, 159:157-160, 1985.
5. 장은영, 이창섭, 이상호 : 소아 환자에서 Er:YAG Laser를 이용한 우식병소의 치료. 대한소아치과학회지, 27: 558-563, 2000.
6. Keller U, Hibst R : Effects of Er:YAG laser in caries treatment : A clinical pilot study. Lasers Surg Med, 20:32-38, 1997.
7. Matsumoto K, Nakamura Y, Mazeki K, et al. : Clinical dental application of Er:YAG laser for class V cavity preparation. J Clin Laser Med Surg, 4:123-127, 1996.

8. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, et al. : Alternatives in enamel conditioning : A comparison of conventional and innovative methods. J Clin Laser Med Surg, 14:133-136, 1996.
9. Banerjee A, Kid EAM, Watson TF : In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentin excavation. Caries Res, 34:144-150, 2000.
10. Habib CM, Kronman J, Goldman M : A chemical evaluation of collagen and hydroxyproline after treatment with GK-101 (N-chloroglycine). Pharmacol Ther Dent, 2:209-215, 1975.
11. Hosoya Y, Kawashita Y, Marshall GW Jr, et al. : Influence of Carisolv™ for resin adhesion to sound human primary dentin and young permanent dentin. J Dent, 29:163-171, 2001.
12. Ericson D, Zimmerman M, Raber H, et al. : Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemo-mechanical removal of caries. Caries Res, 33:171-177, 1999.
13. Fure S, Lingstrom P, Birkhed D : Evaluation of Carisolv™ for the chemo-mechanical removal of primary tooth caries in vivo. Caries Res, 34:275-280, 2000.
14. Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH, et al. : Current concepts on adhesion to dentin. Crit Rev Oral Bio Med, 8:306-335, 1997.
15. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N : Bonding to dentin with a self-etching primer : the effect of smear layers. Dent Mater, 17:122-126, 2001.
16. Banerjee A, Kidd EAM, Watson TF : Scanning electron microscopic observations of human dentin after mechanical caries excavation. J Dent, 28:179-186, 2000.
17. Emanuel R, Broom JC : Surface energy of chemo-mechanically prepared dentin. Quintessence Int, 19:369-372, 1988.
18. Ehudin DZ, Thompson VP : Tensile bond strength of dental adhesives bonded to simulated caries-exposed dentin. J Prosthet Dent, 71:165-173, 1994.
19. Goldman M, Kronman JH : A preliminary report on a chemomechanical means of removing caries. J Am Dent Assoc, 93:1149-1153, 1976.
20. Hand RE, Smith ML, Harrison JW : Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. J Endo, 4:60-64, 1978.
21. Kronman JH, Goldman M, Habib CM, et al. :

- Electron microscopic evaluation of altered collagen structure induced by N-chloroglycine (GK-101). *J Dent Res*, 56:1539-1545, 1977.
22. Beeley JA, Yip HK, Stevenson AG : Chemochemical caries removal : a review of the techniques and latest development. *Br Dent J*, 188:427-430, 2000.
  23. Fusayama T : The process and results of revolution in dental caries treatment. *Int Dent J*, 47:157-166, 1997.
  24. Banerjee A, Watson TF, Kid EAM : Dental caries excavation : a review of current clinical techniques. *Br Dent J*, 188:476-482, 2000.
  25. Wennerberg A, Sawasw T, Kultje C : The influence of Carisolv™ on enamel and dentine surface topography. *Eur J Oral Sci*, 107:297-306, 1999.
  26. Brannstrom M, Johnson G, Friskopp J : Microscopic observations of the dentin under caries lesions excavated with the GK-101 technique. *J Dent Child*, 47:46-49, 1980.
  27. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, et al. : The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent*, 16:29-35, 1994.
  28. Nor JE, Feigal RJ, Denison JB, et al. : Dentin bonding:SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 75:1396-1403, 1996.
  29. Pashley EL, Tao L, Matthews WG, et al. : Bond strengths to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. *Dent Mater*, 9:19-22, 1993.
  30. Schilke R, Lisson JA, Geurtsen W, et al. : Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentin by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol*, 45:355-361, 2000.
  31. Tay FR, Carvalho R, Sano H, et al. : Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J Adhes Dent*, 2:99-116, 2000.
  32. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH : Bonding to ground dentin by a phenyl-P self etching primer. *J Dent Res*, 73:1212-1220, 1994.
  33. Kemp-Scholte CM, Davidson CL : Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res*, 69:1240-1243, 1990.
  34. Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, et al. : Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res*, 72:1434-1442, 1993.
  35. Hayakawa T, Kikutake K, Nemoto K : Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dent Mater*, 14:99-105, 1998.
  36. Frankenberger R, Perdigo J, Ros BT, et al. : 'No-bottle' vs 'multi-bottle' dentin adhesives - a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater*, 17:373-380, 2001.



## 사진부도 설명

- Fig. 1. Primary dentin applied with Carisolv™ for 30 sec (×2500).
- Fig. 2. Permanent dentin applied with Carisolv™ for 30 sec (×2500).
- Fig. 3. Primary dentin treated with bur (×2500).
- Fig. 4. Permanent dentin treated with bur (×2500).
- Fig. 5. Primary dentin applied with Carisolv™ for 30 sec and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec (×2500).
- Fig. 6. Permanent dentin applied with Carisolv™ for 30 sec and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec (×2500).
- Fig. 7. Primary dentin treated with bur and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec (×2500).
- Fig. 8. Permanent dentin treated with bur and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec (×2500).
- Fig. 9. Resin-dentin interface of primary dentin treated with Carisolv™ for 30 sec and then treated with self-etching bonding agent for 30 sec (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer).
- Fig. 10. Resin-dentin interface of primary dentin treated with Carisolv™ for 30 sec and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec, and applied single bonding agent (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer, A:adhesive layer).
- Fig. 11. Resin-dentin interface of primary dentin treated with bur and then treated with self-etching bonding agent for 30 sec (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer).
- Fig. 12. Resin-dentin interface of primary dentin treated with bur and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec, and applied single bonding agent (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer, A:adhesive layer).
- Fig. 13. Resin-dentin interface of permanent dentin treated with Carisolv™ for 30 sec and then treated with self-etching bonding agent for 30 sec (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer).
- Fig. 14. Resin-dentin interface of permanent dentin treated with Carisolv™ for 30 sec and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec, and applied single bonding agent (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer, A:adhesive layer).
- Fig. 15. Resin-dentin interface of permanent dentin treated with bur and then treated with self-etching bonding agent for 30 sec (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer).
- Fig. 16. Resin-dentin interface of permanent dentin treated with bur and then etched with 35% phosphoric acid for 15 sec, and applied single bonding agent (×2500), (D:dentin, R:composite resin, H:hybrid layer, A:adhesive layer).

사진부도 ①

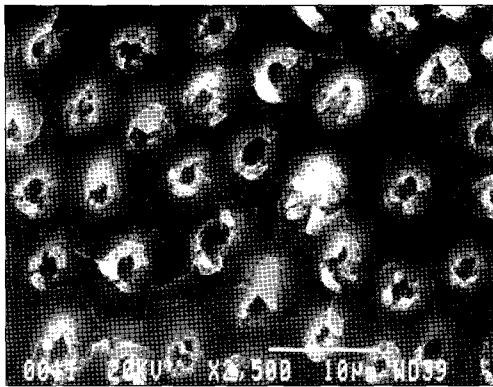


Fig. 1

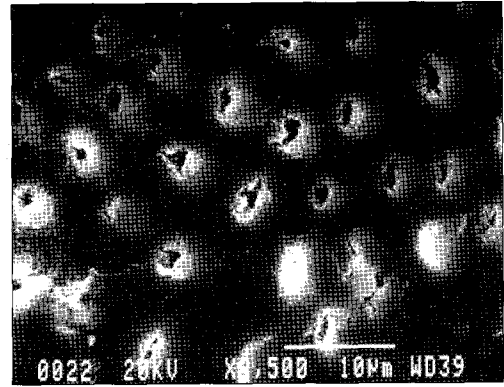


Fig. 2

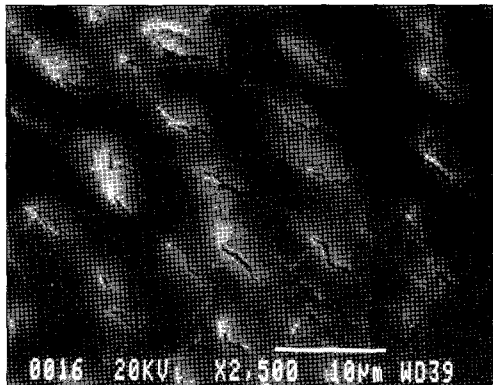


Fig. 3

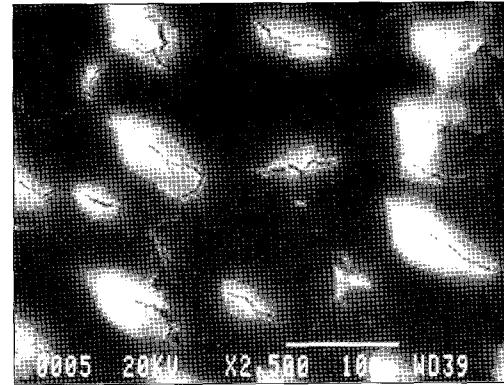


Fig. 4

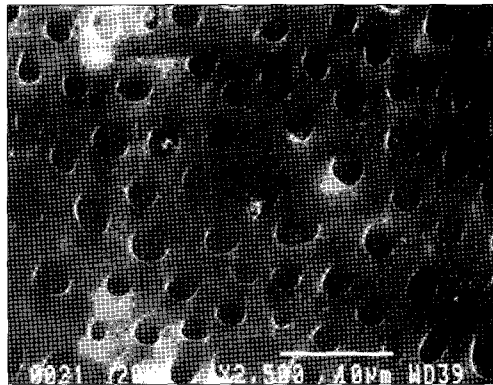


Fig. 5

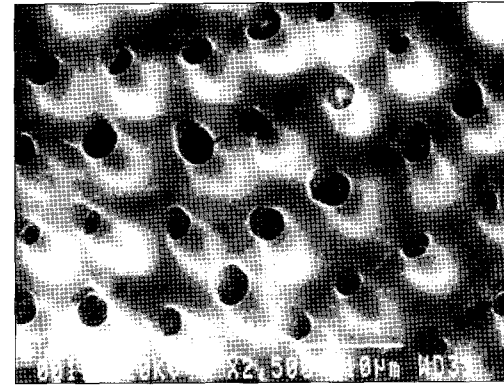


Fig. 6

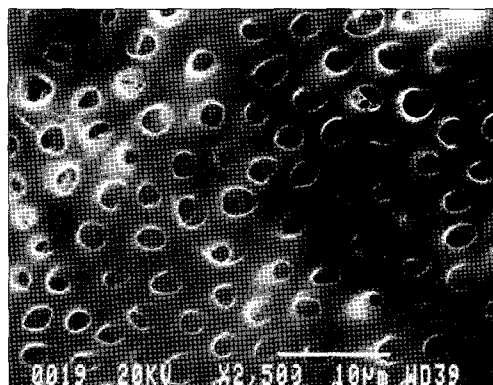


Fig. 7

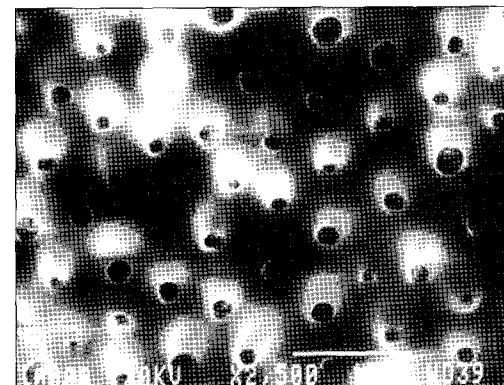


Fig. 8

사진부도 ②

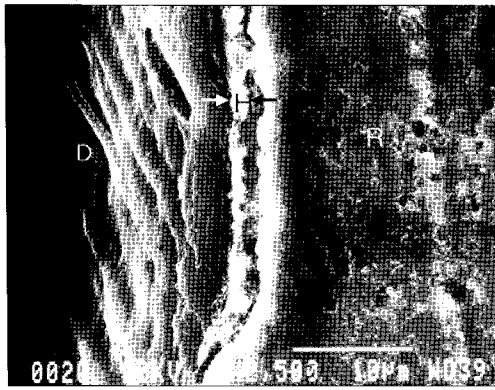


Fig. 9

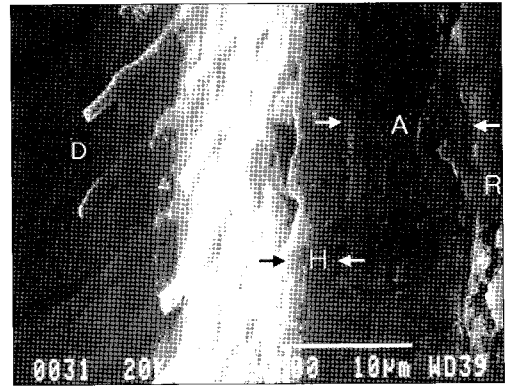


Fig. 10

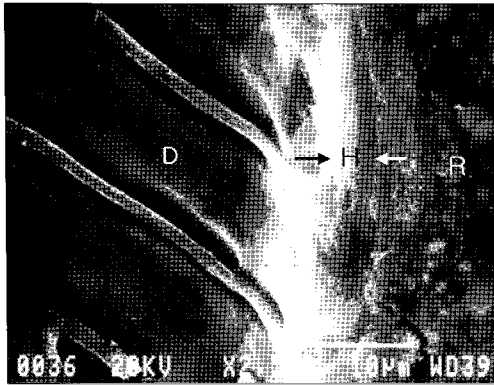


Fig. 11

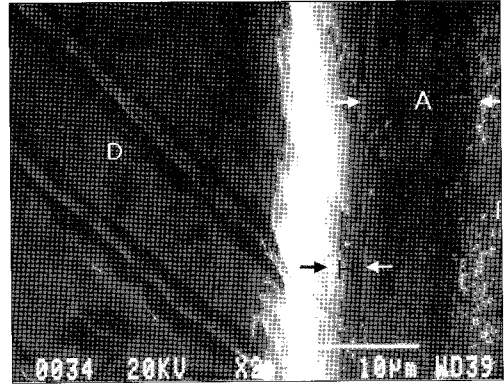


Fig. 12

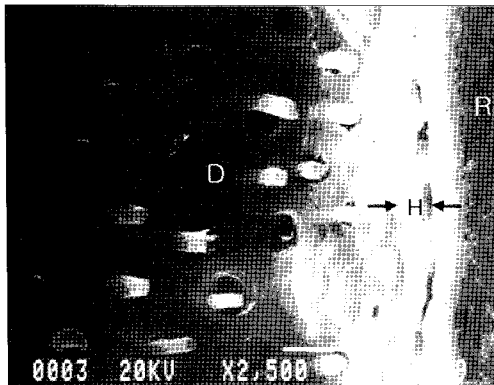


Fig. 13

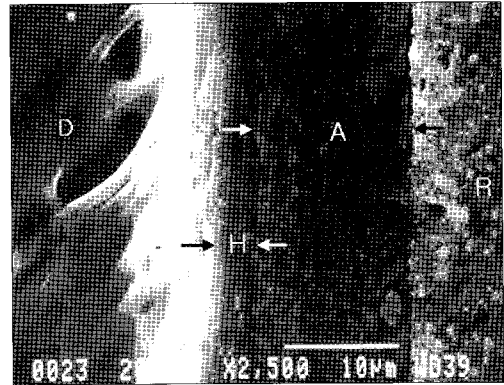


Fig. 14

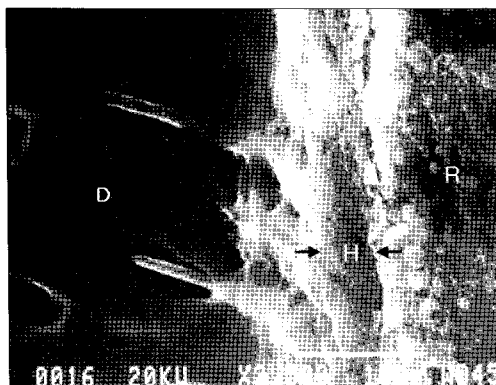


Fig. 15

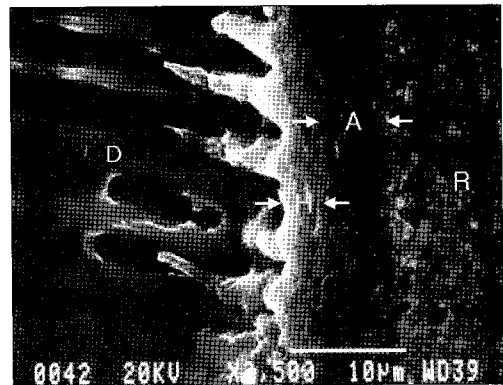


Fig. 16

Abstract

A STUDY OF THE EFFECT OF CHEMO-MECHANICAL CARIES REMOVAL SYSTEM  
ON THE REMOVAL OF CARIOUS DENTIN AND RESIN ADHESION TO DENTIN

Dug-II Kang, In-Chon Park, Nan-Young Lee, Sang-Ho Lee, Chang-Seop Lee

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

The aim of this study was to evaluate the effect of chemo-mechanical caries removal system (Carisolv™, Medi Team, Sweden) for resin adhesion to carious primary and permanent dentin compared with conventional drilling method. The buccal surface of 92 primary molars and 92 permanent molars were used. Exposed dentins were occurred artificial caries. 32 tooth of primary molars and 32 tooth of permanent molars were prepared to observe treated dentin surface with Carisolv™ and conventional drilling method by SEM. Other tooth were prepared to measure resin-dentin shear bonding strength according to caries removal methods and dentin adhesive system. Two adhesive systems and a composite resin were used: single bonding agent (Scotchbond Multi-Purpose Plus, 3M) and self-etching bonding system (Prompt L-pop, 3M ESPE), and a composite resin (Z-250, 3M).

The results were as follows :

1. The removal effect of carious dentin on Carisolv™ was stronger on the primary dentin than that to permanent dentin, and dentin surface became rougher with treated Carisolv™ than drilling method.
2. Acid-etched dentin surfaces were showed smoothening without smear layer.
3. In specimen applied single bonding system hybrid layer and adhesive layer were 2-4 $\mu$ m and 10-15 $\mu$ m in thickness, whereas self-etching bonding system were showed only thin hybrid layer (1-2 $\mu$ m).
4. The shear bonding strength of group applied single bonding agent was higher than that applied self-etching priming system ( $P < 0.05$ ).
5. The shear bonding strength of group applied Carisolv™ and self-etching priming system were slightly higher than that applied conventional drilling method and self-etching priming system ( $P > 0.05$ ).

**Key words** : Chemo-mechanical caries removal system, Carisolv™, Hybrid layer, Dentin shear bonding strength