

## 산 처리가 상아질 접착에 미치는 영향

경북대학교 치과대학 치과보존학교실

김영경 · 김성교 · 박진훈

### Abstract

#### EFFECT OF ACID-TREATMENT ON DENTIN BONDING

Young - Kyong Kim, Sung - Kyo Kim, Jin - Hoon Park

*Dept. of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University*

The purpose of this study was to evaluate the effect of various acid treatments on dentin bonding.

Freshly extracted human teeth were uprightly embedded in self curing acrylic resin, and their occlusal surfaces were grinded to expose flat dentin surfaces. The specimens were divided into 4 groups. Specimens of one group were not treated so as to be a control and those of the other three groups were treated with 10% polyacrylic acid, 10% phosphoric acid, and 10-3 solution(10% citric acid/3% ferric chloride) respectively. Primer, bonding resin and composite resin were applied over the treated dentin surfaces sequentially. All specimens were stored in 37°C distilled water for 24 hours, then the tensile bond strength was measured and the treated dentin surfaces and fractured dentin surfaces were examined under a scanning electron microscope.

The results were as follows :

Bond strengths of acid-treated groups were higher than those of the untreated group. In the acid-treated groups, bond strength was found to be the highest in the 10-3 solution group followed by the 10% phosphoric acid group and the 10% polyacrylic acid group( $P < 0.01$ ).

On SEM examination of dentin surfaces, the untreated dentin surface showed a remaining smear layer and closed dentinal tubules. Dentin surfaces treated with 10% polyacrylic acid showed a clean dentin surface without the smear layer, but showed remaining smear plugs in dentinal tubules. A dentin surface treated with 10% phosphoric acid or 10-3 solution showed open dentinal tubules without the smear layer or smear plugs.

On SEM observation of the fractured dentin-resin interface, the untreated group showed that failure occurred in the smear layer. The group treated with 10% polyacrylic acid showed no resin tag remained in the dentinal tubules, but resin tags in the dentinal tubules were observed in the group treated with the 10% phosphoric acid or the 10-3 solution.

On the failure mode examination, the higher the bond strength of the group, the higher the frequency of cohesive failure. The coefficient between bond strength and cohesive failure rate was 0.71.

## I. 서 론

손상된 치질을 회복하기 위한 충전재료는 이상적으로 치질과 견고한 접착을 이룰 수 있어야 한다.

치질에 대한 복합레진의 접착을 향상시키기 위한 노력으로 Buonocore<sup>1)</sup>와 Bowen<sup>2)</sup>이 고안한 산부식법이 치아 법랑질에 대한 복합레진의 접착을 현저히 향상시킨 이후 그동안 취약한 부분으로 남아있던 상아질에 대한 복합레진의 접착을 증대시키기 위한 노력이 계속되고 있다.

법랑질은 무기질 함량이 많고 수분 함량이 적는데 비해, 상아질은 무기질 함량이 적고 상아세관 내 조직액이 들어있으며 외부 유해 자극이 상아세관을 통해 치수에 전달될 수 있다는 차이를 가지고 있다.

상아질과 수복물간의 접착에는 접착제의 화학적 특성, 접착역학, 접촉각뿐 아니라 상아질의 구성 성분, 상아질 표면처리 후의 구조적 특성 그리고 상아세관 내 용액이동 등의 다양한 인자가 관련된다고 알려져 있으며, Stanford<sup>3)</sup>도 수복재의 경화수축외에 표면의 도말층과 상아질의 산 처리가 상아질에 대한 수복물의 접착강도에 영향을 준다고 하여 상아질에의 접착에는 상아세관 및 도말층, 상아질 표면의 처리가 중요한 인자임을 지적하였다.

치질 삭제시 형성되는 도말층은 치질 잔사를 비롯하여 구강내 혈액, 타액 및 세균으로 이루어져 있는데<sup>4)</sup>, 치수에 대한 도말층의 의의에 대해서 Douglas<sup>5)</sup>와 Pashley<sup>6)</sup>은 도말층이 잔존하게 되면 상아세관을 봉쇄해서 미생물이나 유해 자극에 대한 보호막을 형성한다고 하였고, Fusayama<sup>7)</sup>와 Pashley<sup>8)</sup>은 산 처리로 도말층을 제거하면 미생물 침투에 대한 보호막을 상실할 수 있다는 점과 상아세관 입구의 smear plug의 제거로 인한 상아세관의 확대가 치수에의 자극 전달을 용이하게 할 수 있다는 우려를 표시했다. 그러나 Brännström과 Nybog<sup>9)</sup>은 초기에는 도말층이 상아질에 단단히 부착되나 시간 경과에

따라 부착이 느슨해져서 몇 주내에 세균과 누출액으로 대체되어 치수에 해로운 영향을 줄 수 있으므로 제거되어야 한다고 하였다.

상아질 표면의 산 처리가 상아질 접착에 미치는 영향에 있어 Vojinovic<sup>10)</sup>은 상아질을 산 처리시 도말층이 제거될 뿐 아니라 관주 상아질(peritubular dentin)까지 용해되어져 상아세관 입구가 깔때기 모양으로 넓혀져 자연적인 평형상태에서 얻어진 레진 tag보다 유지력이 감소했다는 보고를 한 바 있으나, 도말층을 남겨둔 채 접착을 시도한 Pashley<sup>11)</sup>는 초기 상아질 접착제인 Scotchbond<sup>®</sup>가 도말층을 통과하지 못하므로써 수복물이 응력을 받아 파단이 일어났을 때 레진과 도말층 사이에서의 파단보다는 도말층내에서 박리되는 경향을 보였으며, 매우 낮은 접착강도를 보였다고 하여 도말층 제거의 필요성을 제시하였다.

도말층을 효과적으로 제거하기 위한 목적으로 여러 종류의 표면 처리제들이 연구되고 있는데, Brännström과 Nordenvall<sup>12)</sup>은 0.1~0.2% EDTA와 Tublicid와 같은 계면 활성제를 사용하여 상아세관 입구의 노출이나 관주 상아질의 용해없이 표층부 도말층을 제거하고자 하였으며 Nordenvall과 Brännström, Fusayama<sup>14)</sup>은 37%의 인산으로 상아질을 처리하여 넓혀진 상아세관 내로 레진을 침투시킨 결과 접착력이 증가하였으며, 이러한 접착력의 증가는 산 부식에 의하여 넓혀진 상아세관 내로 두꺼운 레진 tag이 형성되므로써 강한 기계적 유지력이 생긴 결과로 해석하고, 치수에 대한 손상없이 접착력을 증가시키기 위해서는 짧은 시간동안 산을 상아질에 적용한 후 씻어 내어야 한다고 하였다. 안과 손<sup>15)</sup>의 연구에서는 10% polyacrylic acid로 상아질을 처리한 결과 표층부의 도말층은 제거되지만 상아세관 입구의 smear plug은 잔존하였다고 보고하였으며 Pashley<sup>16)</sup>는 6% 구연산을 상아질에 적용시 관주 상아질의 용해없이 표면의 도말층이 제거되고 상아세관의 개

방이 관찰되었다고 보고하였다.

이렇듯 상아질 표면의 도말층의 제거여부 및 처리방법이 상아질 접착에 큰 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다.

이에 저자는 상아질에 대한 복합레진의 접착력을 증진시킬 수 있는 방법을 모색하고자 수종의 산을 사용하여 상아질 표면을 처리한 후 산 처리방법에 따른 복합레진과의 접착강도를 측정하고 상아질 표면과 복합레진 수복후 파단양상을 관찰하여 의의 있는 결과를 얻었으므로 이에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 실험재료

최근에 발거된 충치와 충전물이 없는 상·하악 구치 36개를 실험대상으로 하였다.

상아질 표면의 산 처리제로는 10% polyacrylic acid (GC Dental Industrial Corp., Japan), 10% 인산(Bisco Inc., U. S. A.) 및 10-3 용액(10% citric acid/3% ferric chloride, Parkell Bio-materials, U. S. A.)을 사용하였으며 상아질 접착제로는 All Bond 2®(Bisco Inc., U. S. A.)를 수복용 복합레진으로는 Silux Plus®(3M Co., U. S. A.)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 시편제작

저속의 diamond disc(Shofu Dent. MFG. Co., Japan)를 사용하여 치근을 절단한 다음, 혈면만 노출 되도록 자가중합 아크릴 레진(LANG Dent. MFG. Co., U. S. A.)내에 치아를 매식하였다.

매식된 치아는 No. 102R diamond point(Shofu Inc., Japan)를 이용하여 상아질을 완전히 노출시키고 600번 silicon carbide paper를 사용하여 60rpm의 속도로 20초간 주수하에서 상아질 표면을 연마하였다.

제작된 시편을 4개군으로 나누어 다음과 같이 상아질 표면을 산 처리하고 각 군당 8개의 시편이 포함되도록 하였다.

제 I 군은 대조군으로서 무 처리군.

제 II 군은 10% polyacrylic acid를 소면구에 적서 상아질 표면을 20초간 문지르고 수세 후 2초간 공기로 건조시킨 군.

제 III 군은 10% 인산을 소면구에 적서 상아질 표면을 20초간 문지르고 수세 후 2초간 공기로 건조시킨 군.

제 IV 군은 10-3 용액을 소면구에 적서 30초간 문지르고 15초간 수세 후 2초간 공기로 건조시킨 군.

상아질 표면의 산 처리가 끝난후 각 시편의 상아질 표면에 All Bond 2®(Bisco Co., U. S. A.)의 접착 강화제 A와 B를 혼합하여 5회 작은 붓으로 도포한 후 5초간 건조시키고 그 위에 접착 레진을 얇게 도포하여 광조사기(Visilux 2®, 3M Co., U. S. A.)로 20초간 광중합시켰다. 그후 직경 5mm, 높이 3mm의 레진 부착용 주형을 이용하여 복합레진(Silux Plus®, 3M Co., U. S. A.)을 2회에 걸쳐 30초간 광중합시켜 상아질에 접착시켰다.

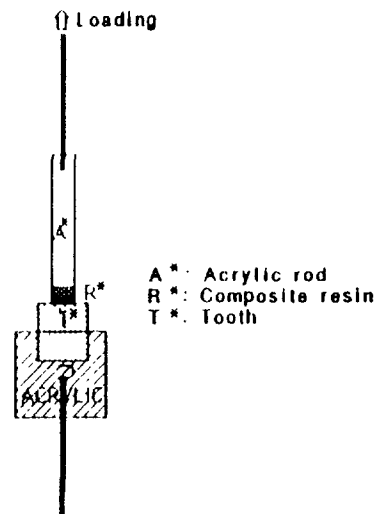


Fig. 1. Cross section of the apparatus used to measure the tensile bond strength

#### 2) 접착강도 측정

제작된 시편들을 증류수에 넣어 37°C 항온조에서 24시간 보관 후 만능시험기(4202 Instron, Instron Co., U. S. A.)에서 load cell 50kgf로 인장 실험하여 이때 얻어지는 최대 하중과 시험시편의 접착면의 단면적을 이용하여 접착강도를 계산하였다.

측정된 접착강도는 각 군별, 각 군간에 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test로 통계적 유의성을 검증하였다.

3) 표면처리 후의 상아질 표면과 파단면 관찰  
표면처리 후의 상아질 표면 성상 변화와 파단면의 형태 그리고 접착강도와와의 관계를 규명하기 위해 각 방법에 따른 산처리 후의 상아질 표면과 파단 후의 파단면의 양상을 주사 전자 현미경(S-2300, Hitachi Ltd., Japan)을 이용하여 관찰하였다.

#### 4) 응집 파단을 산정

파단된 시편을 형상투사기(Profile projector, 6CT 2, Nikon, Japan)을 이용하여 투사용지에 옮겨 그린 다음 접착면과 파단면의 면적을 계산하여 응집 파단율(Cohesive failure rate)을 계산하고(식), 접착강도와 파단 양상의 상관관계를 평가하였다.

Cohesive failure rate =

$$\frac{\text{Sum of cohesive failure area}}{\text{Total bonding area}} \times 100(\%) \text{---(식)}$$

### III. 성적

#### 1. 접착강도

접착강도 측정결과 무 처리군인 제 I 군에서는  $2.58 \pm 0.61\text{MPa}$ , 10% polyacrylic acid로 처리한 제 II 군에서는  $5.72 \pm 1.01\text{MPa}$ , 10% 인산으로 처리한 제 III 군에서는  $8.35 \pm 0.90\text{MPa}$ , 10-3 용액으로 처리한 제 IV 군에서는  $10.75 \pm 1.29\text{MPa}$ 로 나타나, 상아질 표면에 산 처리한 군이 무처리한 대조군에 비해 높은 접착강도를 나타내었고( $P < 0.01$ ), 산 처리를 시행한 군들 간에는 10-3 용액으로 처리한 군이 가장 높았으며, 10% 인산으로 처리한 군, 10% polyacrylic acid로 처리한 군의 순이었다( $P < 0.01$ ), (Table 1, Fig. 2).

#### 2. 상아질 표면 및 파단면의 주사 전자 현미경 관찰

각 방법으로 산 처리한 상아질 표면과 파단면의 관찰상은 다음과 같은 소견을 보였다.

제 I 군: 무 처리한 상아질 표면은 도말층으로 덮혀있고 상아세관의 개방도 없으며 파단면 역시 도말층으로 덮혀 있어 파단이 도말층 내에서 야기되었음을 보여주었다(Fig. 3, 4).

제 II 군: 10% polyacrylic acid 처리 후 상아질 표면의 도말층은 대부분 제거되었으나 상아세관은

Table 1. Bond strength to dentin(unit : MPa)

Surface tx.	Mean $\pm$ S. D.	Range	Duncan*
I	$2.58 \pm 0.61$	1.86-3.22	a
II	$5.72 \pm 1.01$	4.43-7.16	b
III	$8.35 \pm 0.90$	7.42-10.38	c
IV	$10.75 \pm 1.29$	9.51-13.47	d

\* Significantly different between a, b, c and d ( $P < 0.01$ )

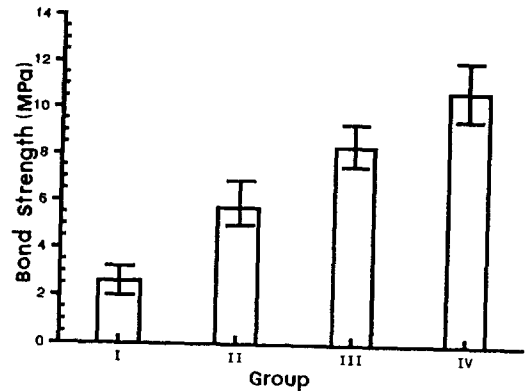


Fig. 2. Bond strength for each of the experimental groups

smear plug이 일부를 채우고 있었고 파단면에서는 파단 후 레진 tag이 보이지 않고 상아세관이 개방되어 있는 것을 보여주었다(Fig. 5, 6).

제 III 군: 10% 인산 처리 후 상아질 표면의 도말층이 제거되어 깨끗한 표면을 보였고 상아세관이 완전히 개방되어 있었으며 파단면에서는 상아세관내 레진 tag이 잔존하고 있는 것을 보여주었다(Fig. 7, 8).

제 IV 군: 10-3 용액 처리 후 상아질 표면은 제 III 군에서와 마찬가지로 도말층이 제거되어 깨끗한 상아질 면을 보였으며 파단면에서는 상아세관내 레진 tag이 침투되어 있는 것으로 보아 파단이 상아세관의 상방에서 일어난 것을 알 수 있었다(Fig. 9, 10).

#### 3. 파단양성

제 I 군에서는 부착성 파단과 응집-부착성 파단이 각각 12.5%와 87.5%로 일어났으며, 제 II 군에서는 모든 시편에서 응집-부착성 파단이 일어났고, 제 III 군에서는 응집-부착성 파단과 응집성 파단이 각각

62.5%와 37.5%로 일어났으며, 제Ⅳ군에서는 75%에서 응집성 파단이 일어나 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ군으로 갈수록 응집성 파단의 빈도가 증가하였다(Table 2).

접착강도와 응집 파단율을 상관관계를 계산한 상관관계수 값이 0.71로서 응집 파단율이 증가함에 따라 접착강도가 증가하는 것으로 나타났다(Talbe 2).

Table 2. Numbers of specimen according to failure mode and cohesive failure rate

Group	I	II	III	IV
Failure mode				
Adhesive	1(12.5%)	0	0	0
Cohesive	7(87.5%)	8(100%)	5(62.5%)	2(25%)
-Adhesive				
Cohesive	0	0	3(37.5%)	6(75%)
Cohesive failure rate(%)	25.4	45.0	75.6	86.4

#### IV. 고찰

수복 물질이 상아질에 물리적 또는 화학적으로 강하게 접착될 수 있다면 유지를 위한 치질의 삭제나, 변연부 누출, 세균과 변색 물질의 유입을 방지할 수 있으며 그에 따른 재발성 우식을 예방할 수 있으므로 수복물의 수명을 연장 시킬 수 있다<sup>17, 18)</sup>.

상아질 접착에 관한 관심이 증대함에 따라 삭제된 상아질 표면의 형태와 도말층의 존재에 대해서 많은 연구들이 있어왔다<sup>4-8, 19-21)</sup>.

도말층은 Fusayama<sup>2)</sup>와 Vojinovic<sup>10)</sup>이 보고한 바와 같이 삭제된 상아질 잔사의 덩어리로서 상아질에 느슨하게 붙어있기 때문에 접착시 믿을 만한 기초를 형성하지 못한다. 그러므로 일반적으로 접착 레진을 적용하기 전에 도말층이 제거되어야 하는데 이에 대해 Fusayama<sup>8, 22)</sup>는 레진 plug이 smear pulg에 비해 훨씬 더 단단한 폐쇄를 얻을 수 있으므로 상아질을 산 처리해서 도말층과 smear plug 모두를 제거해야 우수한 폐쇄 효과를 얻을 수 있다고 하였다.

그리고 Brännström, Gwinnet<sup>23)</sup>, Tao와 Pashley<sup>26)</sup>는 smear plug의 제거시 접착에 중요한 역할을 하는 상아질내의 콜라겐(collagen)에 대한 손상을 막기

위해서 산을 저농도로, 짧은 시간동안 적용해야 한다고 주장하였다.

본 연구에서는, 10% polyacrylic acid, 10% 인산 및 10-3 용액을 상아질 표면 처리제로 사용하여 상아질 접착에 미치는 효과를 관찰한 바, 각종 산으로 상아질 표면을 산 처리한 경우가 무 처리한 경우에서 보다 높은 접착강도를 나타내었다. 무 처리한 상아질면을 전자현미경으로 관찰한 결과 도말층이 잔존한 양상을 보였고, 파단은 12.5%의 시편에서 순수 부착성 파단양상을 보였고 나머지 87.5%의 시편에서는 응집-부착성 파단양상을 보였는데 순수 부착성 파단의 시편과 응집-부착성 파단 시편의 부착성 파단부위에서는 상아질면이 도말층으로 덮혀있는 양상을 보였다. 그리고 각 시편에서 구한 응집성 파단율은 25.4%로 나타나 주로 부착성 파단이 일어났음을 보여 주었다. 10% polyacrylic acid로 처리한 면에서는 도말층이 남아있지 않았으며 파단면에서도 무 처리군에서는 상아질이 도말층으로 덮혀 있었는데 반해 10% polyacrylic acid로 처리한 군에서는 도말층이 관찰되지 않았다. 이것으로 보아 무 처리군에서는 파단이 도말층과 상아질 또는 도말층과 상아질 접착제 사이가 아닌 도말층 내부에서 일어난 것으로 볼 수 있으며, 이러한 파단은 상아질과 도말층 사이의 접착력이나 상아질 접착제와 도말층 사이의 접착력에 비해 도말층 내부의 응집력이 상대적으로 약했기 때문에 일어난 결과로 해석된다. 그리고 이런 파단을 상아질과 상아질 접착제 사이의 관계에서는 부착성 파단으로 볼 수 있으나 도말층의 입장에서 보면 도말층의 응집성 파단으로 볼 수 있다. 그리고 이때 파단력은 Tao와 Pashley<sup>26)</sup>가 해석한 것처럼 도말층 내부 입자사이의 응집력이 최종 상아질 접착력으로 나타나게 된 결과일 것이다.

한편 10% polyacrylic acid로 처리한 경우에는 상아질 표면의 도말층이 제거되어 있고 상아세관이 일부 개방되어 있는 양상을 관찰할 수 있었고 10% polyacrylic acid처리군이 무 처리군에 비해 높은 접착강도를 나타내었다. 따라서 10% polyacrylic acid처리군에서 보여지는 이러한 개방된 상아세관 내로 레진 tag이 침투하기 용이했을 것으로 여겨지고 이로 인해 접착 강도가 증가하였으리라 생각된다. 파단양상은 모든 시편에서 응집-부착성 파단을 보였고 순수 부착성 파단은 한 개의 시편에서도 관찰

되지 않았다. 그리고 각 시편에서 구한 응집성 파단율은 45%로 나타나 부착성과 응집성 파단의 면적이 큰 차이를 보이지 않았다.

이러한 점으로 미루어 불때 도말층의 존재가 무처리군의 접착력을 10% polyacrylic acid 처리군에 비해 상대적으로 낮게 나타나게 한 하나의 원인이 될 것으로 생각된다.

그 외에도 polyacrylic acid 처리군이 무처리군에 비해 접착력이 높게 나타난데에는 McLean 등<sup>26)</sup>이 보고한 바와 같이 polyacrylic acid가 함유하고 있는 많은 카르복실기가 수소 결합을 할 수 있기 때문에 상아질 표면에 효과적인 습윤을 제공할 수 있어 여기에 상아질 접착제 및 복합레진의 접착이 보다 용이해졌을 가능성도 고려할 수 있겠다.

그리고 본 실험의 결과는 상아질 표면의 무처리군에 비해 10% polyacrylic acid로 처리한 군에서 다소 높은 접착력을 보인 이와 이<sup>27)</sup>의 결과와 상응하는 것으로 여겨진다.

상아질에 적용하는 인산은 그 농도에 따라 다양한 결과가 예측되는데, Tao 등<sup>28)</sup>에 의하면 37% 농도의 인산으로 상아질을 처리한 경우에는 무처리한 경우에 비해 오히려 접착강도가 감소하였으며 이러한 접착강도의 감소는 고 농도의 산에 의해 간관 상아질(intertubular dentin)과 관주 상아질의 칼슘 함유량이 모두 감소하였기 때문이라고 하였다. 이에 본 실험에서는 도말층만 제거하고 상아질의 실제적인 탈회는 일으키지 않게 하기 위해 저 농도인 10% 농도의 인산을 적용하여 실험하였으며 그 결과 10% polyacrylic acid로 처리한 군에 비해 높은 접착강도를 얻었다. Mclean 등<sup>26)</sup>은 polyacrylic acid는 치질 표면의 무기질을 미량만 용해시키므로 상아세관을 노출 시키기는 하지만 관주 상아질을 용해하거나 상아세관을 확대시키지는 않는다고 한 바 있는데 본 실험에서도 10% 농도의 polyacrylic acid는 상아질 면의 도말층은 제거하면서 상아세관 내의 smear plug은 잔존시키는 것을 관찰할 수 있었다.

이에 비해 10% 인산으로 처리한 군에서는 상아질 면의 도말층 뿐 아니라 상아세관내의 smear plug도 제거된 양상을 보여 주었다. 그리고 파단면 양상에서 10% polyacrylic acid 처리군에서는 상아세관 내에 레진 tag이 잔존하지 않고 순수 응집성 파단이 한개의 시편에서도 관찰되지 않았으나 10% 인산군에서는

상아세관 내에 레진 tag이 남아있는 채로 파단됨을 보여 주면서 응집-부착성 파단이 62.5%의 시편에서, 순수 응집성 파단이 37.5%의 시편에서 나타나 순수 응집성 파단 빈도가 10% polyacrylic acid군에서 보다 높았다. 그리고 각 시편에서 구한 응집성 파단율이 10% polyacrylic acid군의 45%에 비해 10% 인산군은 76.5%로 나타나 10% 인산군에서는 주로 응집성 파단이 일어났음을 보여주었다. 이것으로 보아 10% polyacrylic acid군에서는 상아세관내 잔존한 smear plug으로 인해 상아질 접착제 및 레진 tag이 상아세관 내로 깊이 침투할 수 없었고 따라서 레진 tag이 관주 상아질과 직접 접착할 수 없었던 것으로 보이며, smear plug까지 모두 제거된 10% 인산군에서는 상아질 접착제 및 레진 tag이 상아세관 내로 깊이 침투할 수 있었기 때문에 보다 강한 접착력을 나타낸 것으로 보인다. 그리고 이러한 침투 깊이와 관주 상아질과의 접착이 상아질이 인장 응력을 받았을 때 레진 tag이 상아세관을 빠져나가지 않고 잔존한 상태로 레진 tag의 기저부에서 파단이 일어나게 한 이유가 될 것이다. 이러한 점으로 볼때 10% 인산 처리군이 10% polyacrylic acid 처리군에서보다 접착 강도가 크게 나타난 것은 상아세관 내의 smear plug의 제거로 인해 세관 내로의 상아질 접착제 및 레진의 침투가 용이해졌기 때문으로 해석된다.

본 실험에서는 10-3 용액으로 표면 처리한 경우가 무처리군 또는 기타 산에 의한 처리군에 비해 가장 큰 값의 접착강도를 얻었다. 본 연구에서 10-3 용액으로 처리한 상아질 면은 도말층 뿐 아니라 상아세관 내의 smear plug까지 제거된 양상을 보여 주었고 파단면은 레진 tag이 상아세관 내에 잔존한 채 레진 tag 기저부에서 파단된 양상을 보여 10% 인산 처리군과 유사한 면모를 나타내었다. 따라서 10-3 용액 처리군이 무처리군이나 10% polyacrylic acid 처리군에 비해 높은 접착강도를 나타낸 점은 10% 인산 처리군에서와 같이 도말층 및 smear plug 제거에 기인한다고 볼 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서 10-3 용액군의 파단은 25%의 시편에서 응집-부착성 파단을, 75%의 시편에서 순수 응집성 파단을 보여 10% 인산군에서 보다 순수 응집성 파단의 빈도가 높았고 각 시편에서 구한 응집 파단율도 10% 인산군의 76.5%에 비해 10-3 용

액군은 86.4%로 나타나 응집성 파단율도 크게 나타났다.

인산처리와 10-3 용액 처리의 비교에 있어 Wang과 Nakabayashi<sup>28)</sup>는 phenyl-P/MMA-TBB 레진의 상아질에 대한 접착강도를 연구한 논문에서 인산 사용시 낮은 접착강도를 얻었다고 보고하면서 이는 인산과 같은 강산이 상아질을 탈회시킬 뿐만 아니라 콜라겐의 변성을 초래하여 monomer의 확산을 막기 때문이라고 하였다. 그리고 Wang과 Nakabayashi<sup>28)</sup> Nakabayashi<sup>29)</sup>에 의하면 10-3 용액으로 상아질을 전 처리하게 되면 상아질 내의 콜라겐에 대한 손상없이 얇은 칼슘층을 녹여 접착 강화제나 접착 레진이 간판 상아질과 관주 상아질 내로 쉽게 확산, 혼합되며 그 부위에서 레진이 경화하게 되면 상아질내에 수지 함침층(resin-reinforced layer)이 형성되어 접착력이 크게 증가한다고 보고하였다.

따라서 본 실험에서 현미경 관찰상 동일한 양상을 보인 10-3 용액 처리군과 10% 인산 처리군이 그 접착강도에 있어서는 각각 10.75MPa 및 8.35MPa로 나타나 10-3 용액 처리군에서 크게 나타난 것은 비교적 약산인 10% 구연산이 상아질 표면의 심한 탈회를 막고 3% ferric chloride가 탈회과정에서 콜라겐과 hydroxyapatite를 연결하는 수용성 단백질인 phosphophoryn의 용해를 조절함으로써 콜라겐 bundle을 보존하여 상아질 접착제의 확산과 콜라겐과의 결합을 용이하게 하기 때문이라고 여겨지고, 10-3 용액 처리군의 11MPa의 접착강도중 레진 tag의 형성에 의한 6MPa를 제외한 5MPa는 이러한 기전에 기인한 것이 아닌가 사료된다. 그리고 이 결과는 10% 구연산으로 전 처리한 경우 6MPa 정도의 접착력을 보인 반면, 10-3 용액을 사용한 경우 18MPa 정도의 현저히 큰 접착력을 보였다고 한 Nakabayashi<sup>29)</sup>의 보고와 같은 경향을 보인 것이라고 사료된다.

Wang과 Nakabayashi<sup>28)</sup>는 10-3 용액으로 처리한 상아질 면에서는 10.5MPa의 접착강도를 얻어 본 실험에서 얻은 10.75MPa와 유사한 결과를 보였다. 그러나 인산으로 처리한 상아질 면에서 본 실험에서는 8.35MPa의 높은 접착력을 보인 반면 Wang과 Nakabayashi는 2.7MPa로 매우 낮은 접착강도를 보였는데 이것은 Wang과 Nakabayashi가 사용한 인산의 농도가 65%로서 매우 높은 농도의 산이어서 본 실험에서 사용한 10%의 농도에 비해 상아질의 무기질을 지나치게 많이 탈회 시켰기 때문으로 추

정되며 따라서 접착력 증가를 위해 인산을 사용하는 경우에는 본 실험에서처럼 저 농도를 사용해야 할 것으로 생각된다.

본 실험에서 각 산 처리에 따른 파단 양상은 무처리군, 10% polyacrylic acid 처리군, 10% 인산 처리군 그리고 10-3 용액 처리군의 순서로 접착강도가 증가하면서 응집성 파단의 빈도가 증가되어 나타났으며, 각 시편에서 구한 접착강도와 응집 파단율과의 상관계수는 0.71로 나타나 매우 높은 상관관계를 보였다.

Meyers<sup>31)</sup>은 glass ionomer cement와 구치부 복합레진의 접착을 연구한 논문에서 파단의 90%가 두 재료사이의 경계면이 아닌 glass ionomer cement내에서의 응집성 파단으로 나타났음을 보고하면서 경계면에서 파단되지 않은 응집성 파단에 필요한 강도는 엄밀한 의미에서 '접착력'이라고 볼 수 없다고 하였다. 본 연구에서도 강도가 증가한 균일 수록 응집성 파단의 양상을 주로 보였으므로 이때 소요된 강도는 상아질에 접착시킨 상아질 접착제 및 레진의 응집력이라고 볼 수 있을 것이다.

파단은 원래 가장 취약한 부분에서 일어나게 되므로 본 실험에서 상기의 결과가 나타난 것은 상아질 접착에서 가장 취약한 부분이라고 여겨지는 도말층과 smear plug이 제거됨에 따라 접착부위의 접착력이 증합된 레진 내부의 응집력보다 강하게 되었기 때문으로 해석된다. 그리고 상기의 결과로 볼때 상아질 접착에서는 접착강도가 강할 수록 부착성 파단보다는 응집성 파단의 가능성이 높을 것으로 보여지며 접착강도와 파단 양상과는 매우 밀접한 관계를 가지는 것으로 사료된다.

이상을 고찰해 볼 때, 상아질 접착에서 일차적으로는 도말층이 접착을 저해시키는 역할을 하고 이차적으로는 smear plug이 접착을 방해하게 되므로 상아질 접착을 향상 시키기 위해서는 상아질 면의 도말층과 smear plug을 모두 제거하여 상아질 접착제가 접착할 콜라겐을 노출시킬 필요가 있으며 아울러 상아질의 콜라겐의 변성을 막아주는 방법이 강구되어야 할 것이다.

그리고 상아질 접착을 더욱 증대시키기 위해서는 본 실험에서 관찰하지 않은 산의 농도에 따른 접착 효과와 이에 따른 생체 적합성에 관한 연구들이 계속 되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 요약

산 처리방법에 따른 상아질 접착을 평가하고 표면처리 후의 상아질 표면의 성상변화 및 파단면의 양상을 관찰하기 위해 발거된 구치에 10% polyacrylic acid(GC Dental Industrial Corp., U.S.A.), 10% 인산(Bisco Inc., U.S.A.) 및 10-3 용액(Parkell Bio-Materials, U.S.A.)을 사용하여 상아질 표면을 처리하고 모든 시편에 상아질 접착제인 All Bond 2®(Bisco Inc., U.S.A.)를 도포하였으며 복합레진(Silux Plus®, 3M Co., U.S.A.)을 첨가한 후 접착강도를 측정하고 상아질 표면 및 파단면을 주사 전자현미경으로 관찰, 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 접착강도는 상아질 표면을 산 처리한 군이 무처리한 대조군에 비해 높게 나타났고, 산처리를 시행한 군들 간에는 10-3 용액으로 처리한 군이 가장 높았으며 10% 인산으로 처리한 군, 10% polyacrylic acid로 처리한 군의 순이었다( $P < 0.01$ ).
2. 상아질 표면의 관찰에서, 무처리의 상아질 면은 상아세관이 개방되지 않은 채 도말층으로 덮혀 있었고, 10% polyacrylic acid로 처리한 상아질 면은 도말층이 제거되고 상아세관이 개방되어 있었으나 상아세관 내에 smear plug이 일부 남아 있었으며, 10% 인산 또는 10-3 용액으로 처리한 상아질 면은 도말층 및 smear plug이 모두 제거되고 상아세관이 완전히 개방되어 있음이 관찰되었다.
3. 파단면의 관찰에서, 무처리군에서는 도말층 내에서 파단이 일어났으며, 10% polyacrylic acid로 처리한 군에서는 상아세관 내 잔존 레진 tag이 관찰되지 않았으나 10% 인산 및 10-3 용액으로 처리한 군에서는 상아세관 내의 잔존 레진 tag이 관찰되었다.
4. 파단 양상에 있어서, 접착강도가 큰 균일수목 응집성 파단의 빈도가 증가되어 나타났으며, 각 시편에서 구한 접착강도와 응집 파단율의 상관계수는 0.71이었다.

the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface, *J. Dent. Res.*, 34 : 849-853, 1955.

2. Bowen, R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer, *J. Amer. Dent. Assoc.*, 74 : 439-445, 1967.
3. Stanford, J.W., Sabri, Z. and Jose, S. : A comparison of the effectiveness of dentin bonding agents, *Int. Dent. J.*, 35 : 139-144, 1985.
4. Pashley, D.H. : Smear layer : physiological considerations, *Oper. Dent.*, 3 : 13-29, 1984.
5. Douglas, W.H. : Clinical status of dentine bonding agents, *J. Dent.*, 17 : 209-215, 1989.
6. Pashley, E.L., Tao, L., Derkson, G. and Pashley, D.H. : Dentin permeability and bond strength after various surface treatment, *Dent. Mat.*, 5 : 375-378, 1989.
7. Fusayama, T. : Optimal cavity wall treatment for adhesive restorations, *J. Esthet. Dent.*, 2 : 95-99, 1990.
8. Pashley, D.H., Livingston, M.J., Reeder, O.W. and Horner, J. : Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro, *Arch. Oral. Biol.*, 23 : 1127-1133, 1978.
9. Brännström, M., and Nyborg, H. : Cavity treatment with a microcidal fluoride solution : growth of bacteria and effect on the pulp, *J. Prosth. Dent.*, 30 : 303-310, 1973.
10. Vojinovic, O., Nyborg, H. and Brännström, M. : Acid treatment of cavities under resin fillings : bacterial growth in dentinal tubules and pulp reaction, *J. Dent. Res.*, 52 : 1189-1193, 1973.
11. Pashley, D.H. : Dentin bonding : overview of the substrate with respect to adhesive material, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 46-50, 1991.
12. Brännström, M., Nordenvall, K.J. and Glantz, P.O. : The effect of EDTA containing surface active solutions on the morphology of prepared dentin : an invivo study, *J. Dent. Res.*, 59 :

## REFERENCES

1. Buonocore, G. : Simple method of increasing



- 1127-1131, 1980.
13. Nordenvall, K. J. and Brännström, M. : The effects of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration : a scanning electron microscopic investigation, *J. Dent. Res.*, 56 : 917-923, 1977.
  14. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N. and Iwaku, M. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin, *J. Dent. Res.*, 58 : 1364-1370, 1979.
  15. Pashley, D. H. : Dentin permeability : Effects of smear layer removal, *J. Prosth. Dent.*, 46 : 531-537, 1981.
  16. 안미현 · 손호현 : 상아질 처리제에 의한 상아질 표면 도말층의 제거에 관한 연구, *대한치과보존학회지*, 14 : 65-72, 1989.
  17. Stanford, J. W. : Bonding of restorative materials to dentin, *Int. Dent. J.* 35 : 133-138, 1985.
  18. Asmussen, E. and Munksgaard, E. C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixture of aldehydes and active monomers, *Int. Dent. J.*, 35 : 160-165, 1985.
  19. Tao, L., Pashley, D. H. and Boyd, L. : Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strength, *Dent. Mater.*, 4 : 208-216, 1988.
  20. Joynt, R. B., Davis, E. L., Wiczowski, G. Jr. and Yu, X. Y. : Dentin bonding agents and the smear layer, *Oper. Dent.*, 16 : 186-191, 1991.
  21. Dippel H. W., Borggereven, J. M. and Hoppenbrouwers, P. M. : Morphology and permeability of the dentinal smear layer, *J. Prosth. Dent.*, 52 : 657-662, 1984.
  22. Fusayama, T. : Optimal cavity wall treatment for adhesive restorations, *J. Esthet. Dent.*, 2 : 95-99, 1990.
  23. Brännström, M., Glantic, P. D. and Nordenvall, K. J. : The effect of some cleaning solutions on the morphology of dentin prepared in different ways : in-vivo study, *J. Dent. Child.*, 46 : 291-295, 1979.
  24. Gwinnet, J. A. : Smear layer : mophological consideration, *Oper. Dent.*, 3 : 3-12, 1984.
  25. Tao, L. and Pashley, D. H. : Shear bond strength to dentin : effects of surface treatments, depth and position, *Dent. Mater.*, 4 : 371-378, 1988.
  26. McLean, J. W., Powis, D. R., Prosser, H. J. and Wilson, A. D. : The use of glass ionomer cements in bonding composite resin to dentin, *Brit. Dent. J.*, 158 : 401-411, 1985.
  27. 이광원 · 이명종 : 수중 상아질 표면처리제에 의한 레진 침투 및 전단 결합강도에 관한 연구, *대한치과보존학회지*, 15 : 201-210, 1990.
  28. Wang, T. and Nakabayashi, N. : Effect of 2-(methacryloxy)ethyl phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentin, *J. Dent. Res.*, 70 : 59-66, 1991.
  29. Nakabayashi, N. : Bonding of restorative materials to dentin : the present status in Japan, *inter. Dent. J.*, 35 : 145-154, 1985.
  30. Nakabayashi, N., Nakamura, M. and Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentin bonding mechanism, *J. Esthet. Dent.*, 3 : 133-138, 1991.
  31. Meyers, R., Garcia, G. F. and Norling, B. K. : Failure mode of posterior composite resin bonded to a glass-ionomer cement treated with various etching times and with or without a coupling agent, *Quint. Int.*, 21 : 501-506, 1990.

## EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 3. Scanning electron microscopy of an untreated dentin surface shows a remaining smear layer and closed dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 4. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of an untreated specimen shows failure occurred in the smear layer.  $\times 2,000$ .
- Fig. 5. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 10% polyacrylic acid shows a clean dentin surface without a smear layer, but shows smear plugs in dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 6. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with 10% polyacrylic acid shows no resin tag in dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 7. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 10% polyacrylic acid shows a clean dentin surface with open dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 8. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with 10% phosphoric acid shows remaining resin tags in dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 9. Scanning electron microscopy of a dentin surface treated with 10<sup>-3</sup> solution shows open dentinal tubules.  $\times 2,000$ .
- Fig. 10. Scanning electron microscopy of a fractured dentin surface of a specimen treated with a 10<sup>-3</sup> solution shows remaining resin tags in dentinal dentinal tubules.  $\times 2,000$ .

사진부도

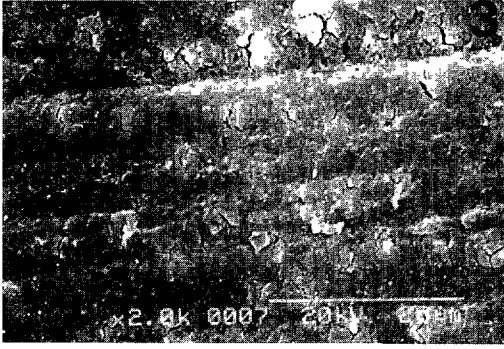


Fig. 3

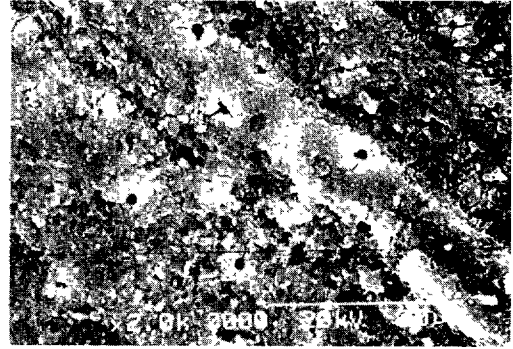


Fig. 4

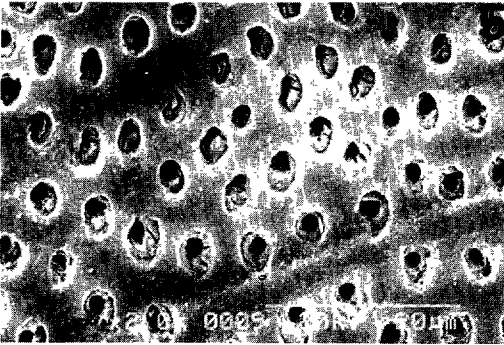


Fig. 5

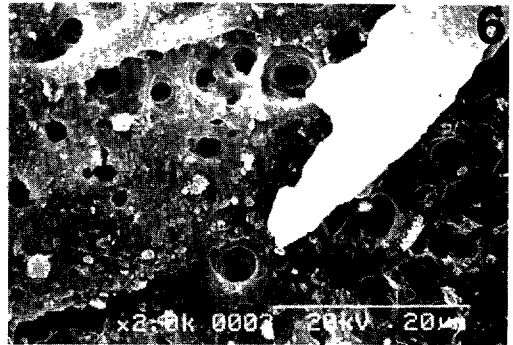


Fig. 6

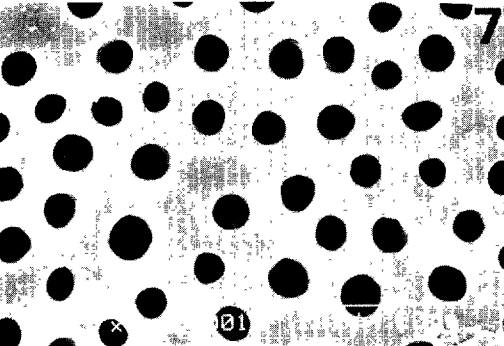


Fig. 7

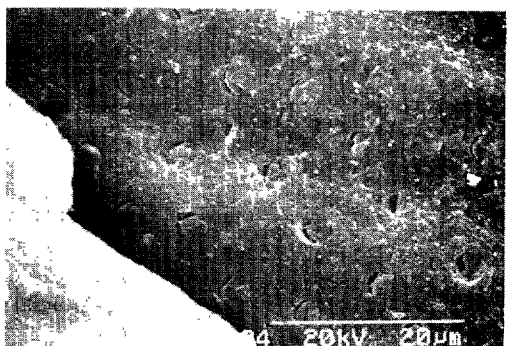


Fig. 8

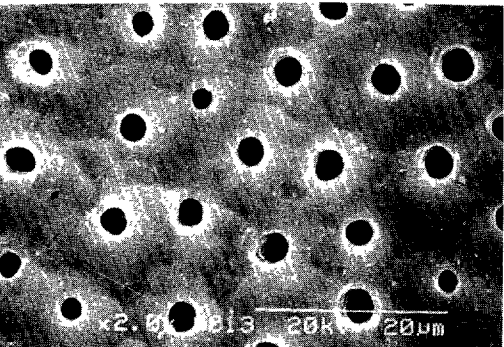


Fig. 9

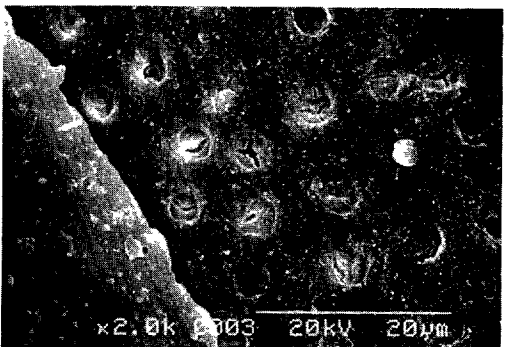


Fig. 10