

산 표면처리된 상아질 표층의 교원섬유 용해가 레진-상아질간 결합에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 치과보존학교실
손 호 현

Abstract

EFFECT OF COLLAGEN DISSOLUTION IN ACID CONDITIONED DENTIN LAYER ON RESIN-DENTIN ADHESION

Ho-Hyun Son, D.D.S., Ph.D.

Dept. of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chonbuk National University

The effect of collagen dissolution in acid conditioned dentin layer on resin-dentin adhesion was investigated. 160 freshly extracted human molars were divided into 4 groups randomly and dentin surfaces were exposed. 40 exposed dentin surfaces were not acid conditioned and each 10 of them were applied with bonding agents within dentin bonding systems of All Bond 2, Scotchbond Multipurpose, Clearfil Photobond and Superbond D-Liner respectively. Each 10 of another 40 exposed dentin surfaces were acid conditioned by the acid within the above four bonding systems respectively and applied with corresponding bonding systems. After acid conditioning of the other 40 exposed dentin surfaces as above, they were treated with 5% NaOCl for 2 minutes, and each 10 of them were applied with the above four dentin bonding systems respectively. The remaining 40 dentin surfaces were acid conditioned and treated with 10% NaOCl for 2 minutes, and each 10 of them were applied with corresponding bonding agents as the above. After the procedures were finished, composite resin (Z-100, 3M Dent. Prod., USA) were applied on the dentin surfaces and light cured. Shear bond strength values were measured. Surface changes of fractured dentin specimens were observed using SEM (Hitachi S-2350, Japan).

The following results were obtained.

1. In all of dentin bonding systems, shear bond strengths of non-conditioned specimens were significantly lower than those of acid conditioned specimens ($P < 0.05$).
2. A statistically significant difference of bond strengths did not exist between acid conditioned specimens and 5% NaOCl retreated specimens applied with All Bond 2, Scotchbond Multipurpose and Clearfil Photobond ($P > 0.05$). However, strength values of 5% NaOCl

retreated specimens applied with Superbond D-Liner were lower than those of acid conditioned specimens ($P < 0.05$).

3. In all the applied dentin bonding systems except Clearfil Photobond, bond strengths of 10% NaOCl retreated specimens were lower than those of acid conditioned and 5% NaOCl retreated specimens ($P < 0.05$).
4. The resin-dentin hybrid layer of 4-5 μ m thickness was formed in the acid conditioned specimens applied with All Bond 2, Scotchbond Multipurpose and Superbond D-Liner.
5. The resin-dentin hybrid layer of 3-4 μ m thickness was still formed in the 5% NaOCl retreated specimens applied with All Bond 2 and Scotchbond Multipurpose. In addition, this layer was not completely removed after the retreatment with 10% NaOCl.

Above results indicate that the dissolution of collagen in acid conditioned dentin layer by NaOCl solution can not be achieved completely and the collagens contribute to the resin-dentin adhesion considerably.

I. 서 론

상아질과 접착레진 (adhesive resin)간의 결합을 증진시키기 위해 다양한 산 표면처리제가 폭넓게 사용되고 있다. 특히 인산과 같은 산 표면처리제를 상아질 표면에 적용시켜 수산화 인회석 결정들을 제거하고 노출된 상아질 교원섬유에 친수성 레진 단량체를 침투시켜 레진과 상아질간의 강한 결합을 이루려 하여왔다. 특히 Nakabayashi 등¹⁾은 관간 상아질에서 레진-상아질간에 형성된 특이한 구조를 하이브리드층 (수지함침층)이라고 표현하였으며, 이러한 접착성레진의 도포에 의해 형성된 미세 기계적결합이 상아질 결합의 주된 부분으로서 25-30 MPa 이상의 결합강도 증가로 이를 입증^{2,3)}하고 있다. 산 표면처리제에 의해 넓혀진 상아세관내로 친수성 접착레진 침투에 의해 만들어지는 레진 tag의 형성이 결합강도에 중요한 일부분임을 간과할 수 없으나 형성된 레진 tag이 넓혀진 상아세관을 어느정도로 밀폐할 수 있을지에 대해, 또한 상아세관내로 침투된 깊이에 비례하여 결합강도가 증가될 수 있는지에 대해 많은 연구들에서 이에 대한 의문을 제기하고 있다.

또한 산 표면처리제에 의한 상아질 표면의

탈회 깊이와 접착강화제 (primer)의 탈회된 상아질내로의 확산, 침투능력이 하이브리드층 형성과 결합력에 밀접히 연관될 수 있다. 상아질 표면의 탈회 깊이는 사용하는 산 표면처리제의 종류에 따라 다양하게 보고되고 있으며 Van Meerbeek 등^{4,5)}은 접착강화제내의 레진 단량체들이 적절히 확산될 수 있는 3 μ m 깊이의 탈회를 일으킬 수 있는 표면처리제의 사용을 추천하고 있으나, Suzuki 등⁶⁾은 6 μ m 깊이까지 깊게 레진 단량체들이 침투되었음을 보고하였다. 탈회깊이와 더불어 노출된 상아질 교원섬유는 산 표면처리후 매우 취약한 상태에 있으며 실제로 교원섬유는 조직의 건조를 위한 공기 분사에 그 구조를 유지할 힘을 지니지 못한다. 그 결과 노출된 교원섬유들의 구조가 붕괴되면 하이브리드층 형성이 어렵게 되고 또한 형성되어진다 하더라도 접착강화제가 침투될 공간이 지극히 제한되어 아주 미약한 하이브리드층을 형성하는 결과를 낳는다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 많은 연구들에서 노출된 교원섬유를 안정화시키려는 노력을 하여왔다. Nakabayashi 등⁷⁾은 인산에 의한 표면처리시 상아질 교원섬유의 유지력이 붕괴되어 변성된 교원섬유의 팽창과 용해를 유도하므로 10% 구연산과 3% 염화철 (10-3 ferric chloride) 함유 용액을

사용하여 4-META/MMA-TBB 접착레진을 침투시켜 교원섬유층의 붕괴를 막아줌으로써 18MPa 이상의 높은 초기 결합강도를 보고하였다. Munksgaard 등⁸⁾은 노출된 상아질 교원섬유와 직접 반응을 유도하기 위하여 저농도의 EDTA로 도말층을 제거한 뒤 HEMA와 glutaraldehyde로 구성된 접착강화제를 상아질 교원섬유에 침투시켜 높은 결합강도를 얻었다고 보고하였다. Bowen 등⁹⁾은 인산에 비해 상아질 표면의 탈회율이 적은 6.8% ferric oxalate 용액을 표면처리제로 이용하여 상아질 교원섬유의 변성을 감소시켜 결합강도를 증진시키려 하였다. 또한 Kanca¹⁰⁾나 Gwinnett¹¹⁾은 산 표면처리후 자체 유지력을 지니지 못한 상아질 교원섬유의 붕괴 변형을 방지하기 위해 상아질 표면의 습윤(wet condition)을 강조하였으며 지나친 건조로 결합력이 저하됨을 보고하고 있다. 이러한 노력들의 결과는 레진-상아질간에 2-5 μ m 두께의 하이브리드층 형성과 초기 결합강도의 높은 증진을 만들어왔다. 그러나 이에 반해 Kiyomura¹²⁾는 4META/MMA-TBB 레진과 상아질 사이에 형성된 결합이 장시간 동안 침수시켜 놓았을 때 많은 시편에서 하이브리드층과 접착레진 사이가 분리되어짐을 보고하였다. Fujita 등¹³⁾은 산 표면처리후 노출된 교원섬유가 레진-상아질간 결합의 내구성에 부정적 영향을 미치며, 10% NaOCl 용액을 30초 이상 적용시 쉽게 상아질 교원섬유가 제거됨을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 또한 Wakabayashi 등¹⁴⁾도 많은 회수의 열적계대변화를 통해 결합강도가 유의하게 저하되었으며, 10% NaOCl을 사용한 상아질 교원섬유의 제거가 접착레진과 상아질간의 결합력을 증진시켰다고 보고함으로써 상아질 교원섬유의 존재와 하이브리드층 형성의 중요성이 많이 의문시 되어가고 있다.

이처럼 결합력의 향상을 위한 많은 노력에도 불구하고 상아질과 접착레진 사이에 강하고 내구성이 있는 결합이 완성되었다고는 볼 수 없으며 이는 위에서 언급된 레진 단량체들의 침투가 법랑질에 비해 상아질이 복잡한 구조를 가지고 있고 또한 상아세관내의 생물학적 특

성으로 인해 상아질과 레진간의 결합에 많은 변화를 줄 수 있기 때문이다. 이에 본 연구에서는 상아질의 산 표면처리후 노출된 상아질 교원섬유에 친수성 레진 단량체를 침투시켜 형성되는 레진-상아질간 하이브리드층이 결합강도에 미치는 영향을 실험하기 위해 5%와 10% 농도의 NaOCl 용액을 산 표면처리후 상아질 표면에 적용시켜 결합강도의 증감을 측정하고, 파절면 관찰을 통해 NaOCl 용액의 농도 차이에 따른 하이브리드층 형성유무를 주사전자현미경으로 관찰하여 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

우식증과 교모가 심하지 않으며 발거된 지 일주일 이상 경과되지 않은 184개의 대구치를 선택하여 치아표면에 부착된 유기 잔사와 치석을 제거한 뒤 160개는 전단결합강도 측정을 위해 그리고 남은 24개는 주사전자현미경 관찰을 위해 사용하였다. 상아질 접착제는 산 표면처리제로 인산용액을 함유하는 All Bond 2 (Bisco, USA)와 Clearfil Photobond (Kuraray, Japan), 그리고 10% 말레인산을 함유하는 Scotchbond Multipurpose (3M Dent. Prod, USA)와 10% 구연산과 3% 염화철을 함유한 Superbond D-Liner (Sun Medical, Japan) 4종을 이용하였으며 (Table 1), 상아질 접착제도포후 Z-100 수복레진 (Shade; A 3.5, 3M Dent. Prod, USA)을 내경 5.0mm 높이 7.5 mm의 원형깎술에 충전하여 결합강도 측정을 위한 resin post로 이용하였다.

2. 실험 방법

1) 시편 제작

직경 2.5cm, 높이 3.0cm의 테플론 몰드내에 치아의 협설면중 고르기가 일정하고 편평한 면이 넓은 쪽을 몰드내의 기저에 횡으로 위치시킨 뒤 자가중합형 아크릴릭 레진을 일정 비율로 혼합하여 몰드내로 주입하였다. 모형 삭

Table 1. Dentin bonding systems used in this study

Material	Dentin Conditioner	Lot No.	Manufacturer
All Bond 2	10% phosphoric acid	070794	Bisco, Inc.
SBMP	10% maleic acid	19940809	3M Dent. Prod.
Clearfil Photobond	40% phosphoric acid	11219	Kuraray Co.
Surperbond D-Liner	10% nitric acid+ 3% ferric chloride	40502	Sun Medical Co.

압기상에서 치아를 연마하여 표층 상아질을 노출시킨 뒤 결합을 위한 표면적을 확보하기 위해 상아질 연마를 점차 확대하였다. 노출된 상아질 표면은 600grit의 연마지에 수분을 적셔 30초간 연마하고 실온의 물에 24시간 보관하여 치아가 충분히 수화될 수 있게 한 뒤 치아들을 무작위로 선택하여 다음과 같이 4군으로 분류하였다.

실험 1군 (산 표면처리군 : 대조군)

무작위로 선택된 40개 치아의 상아질을 노출시킨 후 상아질 접착제내의 산 표면처리제를 사용하여 상아질 표면에 다음과 같이 적용하였다.

All Bond 2 (AB 2) 도포군 :

선택된 10개 치아의 상아질 표면을 오일이 함유되지 않은 압축 공기로 10초간 건조한 뒤 10% 인산겔 (All-Etch)을 상아질면에 15초간 적용하였다. 상아질 표면을 20초간 수세후 표면을 건조시키지 않고 과량의 물만을 제거하기 위하여 얇은 흡습지를 가볍게 눌러 건조시보다 윤택한 표면이 나타나도록 하였다. Primer A 2방울과 Primer B 2방울을 용기내에서 혼합한 뒤 상아질 면에 5회 연속 도포시켰으며 도포 사이에 건조는 시행하지 않았다. 도포후 상아질면을 5-6초 이상 충분히 건조시켜 물과 아세톤이 휘발될 수 있게 하였으며 건조후 상아질면이 윤택하지 않고 건조된 부위 (dry spot)가 남아 있는 경우 혼합된 primer를 1-2회 재도포하였다. 이후 접착제 (bonding agent)를 primer가 도포된 상아질면에 균일한 층으로 적용한 뒤 20초간 광중합하였으나 압축 공기로 접착제를 얇게 균일화하려는 시도는 행하지 않

았다. 접착제 도포후 내경 5.0mm, 높이 7.5 mm의 원형 캡슐에 충전되어진 Z-100 수복레진을 상아질 표면에 위치시킨 뒤 400mW/cm² 광의 강도를 지닌 Visilux 2 (3M Dent. Prod, USA)를 사용하여 40초간 광중합하였다.

Scotchbond Multipurpose (SBMP) 도포군 :

10개 치아의 노출된 상아질 표면에 10% 말레인산을 상아질 표면에 15초간 처리하였으며 20초간 수세한 뒤 건조시켰다. 접착강화제를 도포하고 표면이 광택을 보일때까지 공기를 분사하여 건조시킨 후 결합레진을 도포하고 40초간 광중합하였다.

Clearfil Photobond 도포군 :

10개 치아의 노출된 상아질 표면에 K-etchant (40% phosphoric acid)로 40초간 처리하였으며 20초간 수세후 공기를 분사하여 건조시켰다. Primer A 1방울과 Primer B 1방울을 균일하게 혼합하여 상아질 표면에 적용하였으며 dry spot이 형성되어진 경우 접착강화제를 1-2회 재도포한 뒤 건조시키고 40초간 광중합을 시행하였다.

Superbond D-Liner 도포군 :

10개 치아의 노출된 상아질 표면을 10-3 표면처리제로 10초간 처리한 다음 수세후 압축공기를 이용하여 건조하였다. 노출된 상아질 표면에 접착강화제를 도포하고 건조시킨 다음, base 2방울과 catalyst 1방울을 균일하게 혼합하여 상아질 표면에 얇게 도포하였다.

실험 2군 (무표면처리군)

선택된 40개 치아의 상아질을 노출시킨뒤 상아질 표면을 산 표면처리하지 않고 도말층을 잔존시켰으며 접착강화제와 접착레진의 도포는

실험 1군과 동일하게 적용하였다.

실험 3군 (산 표면처리후 5% NaOCl 재처리군)

40개 치아의 상아질을 노출시켜 실험 1군과 동일한 방법으로 산 표면처리를 실행한 뒤 5% NaOCl을 적신 소면구를 상아질 표면에 2분동안 균일하게 문질러 재처리하였다. 접착강화제와 결합레진의 도포는 실험 1군과 동일하게 시행하였다.

실험 4군 (산 표면처리후 10% NaOCl 재처리군)

상아질이 노출된 40개 치아에 실험 3군과 동일한 방법으로 실험하였으나 재처리제의 농도를 10% NaOCl로 증가시켜 적용하였다.

접착이 완료된 시편들을 37°C의 증류수에 24시간 보관한 뒤 상아질 접착면의 바로 인접부위에 접착면과 동일한 방향으로 전단이 되어질 수 있도록 전단 결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하여 만능 시험기 (Instron, Model 4201, USA)에서 cross-head speed 1mm/min 속도의 하중으로 측정하였다. 측정된 값들을 토대로 개개 실험군의 평균값과 표준편차를 환산하였으며 각 군간의 통계학적 유의성은 t-test와 ANOVA를 이용하였다.

2) 전자현미경 관찰을 위한 시편제작

발거된 24개 대구치의 교합면이 상방으로 향하게 위치시킨 뒤 상아질이 완전히 노출되고 주위 가장자리 부위에만 범랑질이 잔존되도록 diamond saw (Isomet, Buehler Co., USA)를 사용하여 주수하에서 절단하였다. 다시 3.0mm 두께의 상아질 시편을 구하기 위하여 하방으로 재절단하였으며, 파절면 관찰을 위해 치수강측에서 교합면측으로 2.5mm 깊이의 홈을 형성하였다. 이후 24시간 동안 치아를 충분히 가수화시킨 후 결합강도 측정을 위한 시편제작과 동일한 방법으로 실험군을 분류하고 상아질 접착제를 도포하였다. 형성된 직선 홈에 chisel을 삽입하여 압력을 가해 2등분한 후 10% polyacrylic acid 용액으로 2분간 처리하고 생리

식염수에 넣어 37°C oven에 24시간 보관한 뒤 건조기에 7일동안 위치시켜 수분을 제거하였으며 금증착후 가속전압 20KV로 주사전자현미경하(Hitachi S-2350, Japan)에서 파절면을 관찰하였다.

III. 실험 성적

1. 전단결합강도

Table 2는 시편처리에 따른 상아질 접착제들의 전단결합강도의 평균값과 표준편차를 요약한 도표이며, Fig 1은 이를 비교한 그림이다. 산 표면처리를 시행하지 않은 실험군에 대한 전단 결합강도는 산 표면처리한 실험군에 비해 모든 군에서 유의하게 낮았으며 ($P < 0.05$), 상아질 접착제간의 유의한 차이는 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 산 표면처리한 실험군 내에서의 전단 결합강도는 AB 2와 SBMP 도포군이 Superbond D-Liner와 Clearfil Photobond 도포군에 비해 높은 결합력을 나타내었다 ($P < 0.05$). 산 표면처리후 5% NaOCl로 재처리한 실험군에 대한 전단 결합강도는 AB 2, SBMP, Clearfil Photobond 도포군에서 산 표면처리한 실험군과의 사이에 유의한 결합력의 변화를 볼 수 없었으나 ($P > 0.05$), Superbond D-Liner 도포군에서는 5% NaOCl로 재처리한 후 결합력의 감소를 나타내었다 ($P < 0.05$). 또한 산 표면처리후 10% NaOCl로 재처리한 실험군에 대한 전단 결합강도는 Clearfil Photobond를 제외한 모든 도포군에서 산 표면처리 및 5% NaOCl 재처리군에 비해 유의하게 감소하였다 ($P < 0.05$).

2. 전자현미경 관찰

산 표면처리한 실험군의 AB 2, SBMP, Superbond D-Liner 도포군에서는 4-5 μ m 두께로 하이브리드층이 형성되어 있으며 개방된 상아세관 내로 레진 tag 형성을 관찰할 수 있었으나 (Figs. 2, 4, 8), Clearfil Photobond 도포군에서는 하이브리드층 형성이 미약하였다 (Fig. 6); 산 표면처리후 5% NaOCl로 재처리한 실험군의 AB 2와 SBMP 도포군 주사전

Table 2. Effect of NaOCl solution treated to dentin on shear bond strength (n=10)

Dentin bonding systems	Dentin conditioning	Shear bond strength (MPa)
All Bond 2	acid conditioned	27.1 ± 3.4
	non-conditioned	12.6 ± 1.9
	acid conditioned / 5% NaOCl treated	28.6 ± 3.4
	acid conditioned / 10% NaOCl treated	19.7 ± 1.7
Scotchbond Multipurpose	acid conditioned	24.6 ± 2.4
	non-conditioned	11.3 ± 3.9
	acid conditioned / 5% NaOCl treated	22.2 ± 2.0
	acid conditioned / 10% NaOCl treated	17.5 ± 2.4
Clearfil Photobond	acid conditioned	15.7 ± 2.6
	non-conditioned	10.4 ± 1.2
	acid conditioned / 5% NaOCl treated	15.2 ± 2.3
	acid conditioned / 10% NaOCl treated	13.8 ± 0.8
Superbond D-Liner	acid conditioned	20.7 ± 3.1
	non-conditioned	11.5 ± 3.2
	acid conditioned / 5% NaOCl treated	13.6 ± 2.9
	acid conditioned / 10% NaOCl treated	9.4 ± 1.3

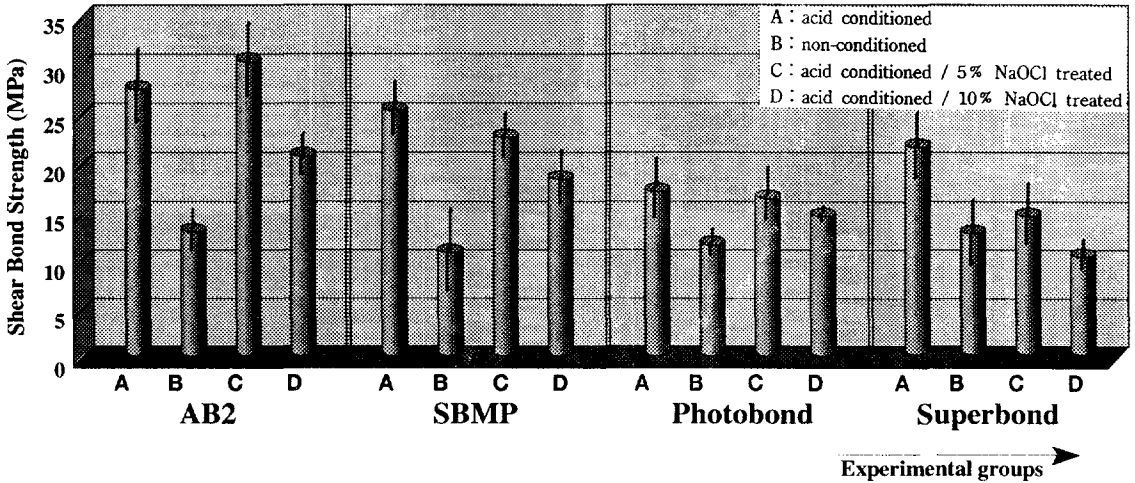


Fig. 1. Comparison of mean shear bond strengths of experimental groups

자현미경 관찰에서 3-4 μ m 두께로 남아있는 하이브리드층을 관찰할 수 있었으나 (Figs. 3, 5), 이에 반해 Superbond D-Liner 도포군이 나 Clearfil Photobond 도포군에서는 남아있는 하이브리드층을 볼 수 없었다 (Figs. 7,9).

또한 산 표면처리후 10% NaOCl로 재처리한 실험군에서도 AB 2 도포군과 SBMP 도포군에서 미약하나마 하이브리드층이 남아있는 모습을 보여주었다 (Figs. 10,11).

IV. 총괄 및 고안

상아질과 접착레진사이의 결합을 증진시키기 위해 도말층을 제거하고 상아세관을 개방시키는 산부식 방법이 많이 사용되고 있다. 여기에 유동성이 높은 레진단량체를 노출된 상아세관과 탈회된 상아질 표층으로 침투시켜 레진 tag와 하이브리드층을 형성한다. Pashley 등¹⁵⁾은 고해상력을 가진 주사전자현미경을 이용하여 산 표면처리후 노출된 상아질 교원섬유와 상아세관 형태 및 구조적 특성에 대해 교원섬유층이 표층부에 비해 하층부에서 고유형태를 유지하고 있으며 노출된 상아질 표면에 수직으로 위치하고 있어 레진 단량체의 침투를 용이하게 한다고 보고하였다. Van Meerbeek 등^{4,5)}도 투과전자현미경을 이용하여 산 표면처리후 관간 상아질과 관주 상아질의 변화를 보고하였으며 상아질 표층과 평행하게 주행하는 교원섬유들이 레진 단량체들의 침투를 제한할 수 있다고 제안하였다. 또한 Tay와 Gwinnett 등^{16,17)}은 산 표면처리후 상아질 교원섬유층의 구조가 수분에 의해 유지될 수 있으며 제거된 수산화인회석 결정들의 공간으로 쉽게 레진 단량체들이 침투하여 강한 상아질-레진간 결합을 이룬다고 하였다. 그러나 이들의 주장과 다르게 Suzuki 등¹⁸⁾은 관간 상아질과 관주 상아질내의 교원섬유들이 산 표면처리후 유지력을 지니지 못해서로 달라붙어 응집되어버리기 때문에 접착레진이 이러한 교원섬유층을 침투할 수 없어 매우 취약한 결합을 만든다고 보고하였다. 또한 상아질 표층에 남겨진 노출된 교원섬유의 양 및 두께가 결합강도와 밀접히 관련되어 있으며, 교원섬유의 제거후 접착레진이 수산화인회석 결정들이 노출된 상아질 표면에 도포되어 형성된 레진-상아질간 결합은 교원섬유층이 존재하지 않기 때문에 상아질과 레진간으로 수분의 침투를 막아줌으로써 많은 열적 변화가 주어지는 환경에서도 결합강도를 유지한다고 하였으며, 레진-상아질간 결합의 내구성도 레진 tag에 의해 오랫동안 유지될 수 있다고 제안하였다. 그 이유로 Wakabayashi 등¹⁴⁾은 인산을 이용한 상아질의 산 표면처리를 통해

교원섬유를 노출시키고 다시 노출된 교원섬유를 NaOCl 용액으로 용해시키게 되면 접착레진이 상아질 표면에 노출된 수산화인회석 결정에 직접 도포될 수 있게되어 강한 초기 결합을 형성하기 때문이라 하였으며, 10% NaOCl 용액을 이용한 처리시간의 연장에 따라 결합강도가 더욱 증가되었다고 보고하였다. 그러나 만일 레진 tag에 의해서만 결합강도가 결정이 되어진다면 초기 상아질 접착제에서 저농도의 EDTA와 같은 약산을 이용하여 도말층을 제거하고 상아세관내로 깊게 레진 tag이 형성되어진 경우에서도 미약했던 결합력을 설명할 수 없으며 또한 자칫 레진 tag의 길이를 지나치게 길게 하려는 시도가 치수에 대한 생체적합성 여부 및 위해성 여부에 어떠한 영향을 미칠 수 있을지에 대해서도 많은 의문을 남길 수 있다. 실제로 Erickson¹⁹⁾은 레진 tag이 결합력에 기여하는 역할은 매우 미약하며 관간 상아질과의 결합이 더욱 중요함을 강조하였다. 또한 수산화인회석 결정들에 대한 레진 단량체들의 화학적 공유결합이나 킬레이트 결합이 이루어졌음을 보고한 연구들^{20,21)}을 찾아보기 어려우며, Van der Waal's 힘도 분자사이의 거리가 Å단위 이내로 가까워졌을 때 작용²²⁾하므로 단순히 교원섬유가 용해된 상아질 표층에 도포하여 형성된 레진-상아질간 결합이 관간 상아질내로 형성된 기계적 결합에 비해 얼마나 높은 결합강도를 가질지에 대해 의문을 남기고 있다.

본 연구에서도 Wakabayashi 등¹⁴⁾의 연구결과와 유사하게 5% NaOCl로 재처리한 실험군들의 결합강도 측정결과 산 표면처리군에 비해 결합력의 감소를 보이지 않음으로써 하이브리드층 형성이 결합력에 중요하게 관여하지 못함을 입증하는 듯 하였으나, 주사전자현미경 관찰에서 5% NaOCl 용액을 이용한 재처리후에 약간의 두께 감소는 있었지만 3-4 μ m 두께로 명확히 형성되어 있는 하이브리드층을 관찰함으로써 노출된 교원섬유층의 용해가 5% NaOCl로 충분하게 이루어지지 못했음을 시사하였다. 10% NaOCl 용액을 이용한 재처리후의 결합강도 측정에서는 Wakabayashi 등¹⁴⁾의 연구결과와는 다르게 모든 상아질 접착제 도포

군에서 결합강도의 감소를 보였으며 주사전자 현미경 관찰에서도 하이브리드층 형성이 현저히 감소되었다. 그러나 중요하게 지적되어야 할 결과중의 하나로 5% NaOCl 용액을 사용한 상아질 교원섬유의 제거가 표층에 한정되어 일어났으며, 10% NaOCl 용액을 사용후에도 미약하나마 하이브리드층이 형성되었음을 보여주어 상아질 표층의 구성에 교원섬유뿐만 아니라 탈회에 의해 제거되지 않고 남아있는 수산화 인회석 결정들이 하이브리드층 형성에 관여함을 간접적으로 확인하여 주었다. 이에 대해 Van Meerbeek 등^{4,5)}은 하이브리드층의 기저부에 나타나는 부분적인 상아질 탈회층 (partially demineralized dentin layer)은 교원섬유의 노출을 보이며 동시에 탈회되지 않고 남아있는 잔여 수산화인회석 결정들을 함유하고 탈회된 교원섬유층과 변형되지 않은 심부 상아질 사이에 존재하는 구조라고 설명하였다. 또한 이러한 조직은 산에 대해 높은 저항성을 지닌과 더불어 쉽게 가수분해 되지 않음으로써 더욱 내구성있는 상아질 결합을 만들어낼 수 있음을 제안하고 있다. 이 등²³⁾의 연구에서도 형성된 하이브리드층내에 칼슘을 함유한 무기질들이 존재하고 이들이 레진 단량체에 의해 감싸여져 강한 레진-상아질간 결합을 이루는데 중요한 일부분임을 강조하고 있다.

상아질에 대한 산 표면처리를 통해 상아질 표면을 탈회하고 교원섬유를 노출시킨 뒤 레진 성분을 침투시켜 레진-상아질간 결합을 증진시키려 하고 있다. 그러나 탈회후 노출된 교원섬유층으로 레진 성분의 확산이 어느정도 일어날 수 있을지 의문을 남기며, 미약하게 형성된 하이브리드층내에서 미세누출이 결합레진과 하이브리드층 사이에서 일어나는지 아니면 하이브리드층과 상아질 사이에서 발생하는지, 또한 결합강도 시험후 파절부위에 대해서도 명확히 규명되지 못하고 있어 이에 대한 더 많은 연구들이 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

산 표면처리후 노출된 상아질 교원섬유에

친수성 레진 단량체의 침투에 의한 미세 기계적 결합이 상아질 결합에 중요한 요소로 인식되어 왔으나 근래에 들어 이에 대한 부정적 연구들이 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 레진-상아질간 하이브리드층 형성이 결합강도에 미치는 영향을 연구하기 위하여 발거한 후 일주일 경과되지 않은 건전한 160개의 대구치에 All Bond 2 (AB 2), Scotchbond MultiPurpose (SBMP), Clearfil Photobond, Superbond D-Liner의 상아질 접착제를 산 표면처리한 상아질과 산 표면처리하지 않은 상아질, 그리고 산 표면처리후 5% 및 10% NaOCl로 2분간 재처리한 상아질에 각기 나누어 도포하였다. 광중합 수복레진인 Z-100 (3M Dent. Prod., USA)을 내경 5.0 mm, 높이 7.5 mm의 원형 깎술에 충전하여 도포된 상아질 표면에 적용한 뒤 전단 결합강도를 측정하고 비교하였으며, 하이브리드층 형성 및 상아질 표면처리에 따른 레진-상아질간 계면의 변화를 주사전자현미경하에서 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 산 표면처리를 시행하지 않은 실험군에 대한 전단 결합강도는 산 표면처리한 실험군에 비해 모든 군에서 유의성있게 낮았다 ($P < 0.05$).
2. 산 표면처리후 5% NaOCl로 재 처리한 실험군에 대한 전단 결합강도는 AB 2, SBMP, Clearfil Photobond 도포군에서 산 표면처리한 실험군과의 사이에 유의한 결합력의 변화를 볼 수 없었으나 ($P > 0.05$), Superbond D-Liner 도포군에서는 5% NaOCl로 재처리한 후 결합력의 감소를 나타내었다 ($P < 0.05$).
3. 10% NaOCl로 재처리한 실험군에 대한 전단 결합강도는 Clearfil Photobond를 제외한 모든 도포군에서 산 표면처리 및 5% NaOCl 재처리군에 비해 유의하게 감소하였다 ($P < 0.05$).
4. 산 표면처리한 실험군들의 AB 2, SBMP, Superbond D-Liner 도포군에서 4-5 μ m 두께로 형성된 하이브리드층 및 개방된 상아세관내로의 레진 tag 형성을 관찰할 수

있었으나, Clearfil Photobond 도포군에서는 하이브리드층 형성이 미약하였다.

5. 5% NaOCl로 재처리한 실험군들중 AB 2와 SBMP 도포군의 전자현미경 관찰에서 3-4 μm 두께로 남아있는 하이브리드층을 관찰할 수 있었으며, 10% NaOCl을 이용한 재처리 후에도 완전하게 제거되지 않고 부분적으로 남아있었다.

References

1. Nakabayashi N. and Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater* 8 : 125-130, 1992.
2. Kanca J. Resin bonding to wet substrate : I. Bonding to dentin. *Quint Int.*, 23 : 39-41, 1992.
3. Gwinnett A.J. Moist versus dry dentin : Its effect on shear bond strength. *Am J Dent* 5 : 127-129, 1992.
4. Van Meerbeek B., Inodoshi S., Braem M., Lambrechts P. and Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71 : 1530-1540, 1992.
5. Van Meerbeek B., Dhem A., Goret-Nicaise M., Braem M., Lambrechts P. and Vanherle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72 : 495-501, 1993.
6. Suzuki M., Kato H. and Wakumoto S. Vibrational analysis by Raman spectroscopy of the interface between dental adhesive resin and dentin. *J Dent Res* 70 : 1092-1097, 1991.
7. Nakabayashi N., Ashizawa M. and Nakamura M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo : durable bonding to vital dentin. *Quint Int* 23 : 135-141, 1992.
8. Munksgaard E.C. and Asmussen E. Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixture of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 63 : 1087-1089, 1984.
9. Bowen R.L., Cobb E.N. and Rapson J.E. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues : Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res* 61 : 901-907, 1980.
10. Kanca J. Effect of drying on bond strength. *J Dent Res* 70 : 304(Abstr 1029), 1991.
11. Gwinnett A.J. Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent* 7 : 144-148, 1994.
12. Kiyomura M. Bonding strength to bovine dentin with 4-META/MMA-TBB resin. *J Jpn Dent Mater* 6 : 860-872, 1987.
13. Fujita E., Takada Y., Kato T., Kondou Y., Suzuki K. and Yamashita A. Effect of dentin treatment on adhesion of adhesive composite resin to dentin-dissolution of collagen. *Adhes Dent* 8 : 227-235, 1990.
14. Wakabayashi Y., Kondou Y., Suzuki K., Yataani H. and Yamashita A. Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. *Int J Pros* 7 : 302-306, 1994.
15. Pashley D.H. and Ciucchi B. et al. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quint Int* 24 : 618-631, 1993.
16. Tay F.R., Gwinnett A.J. and Pang K.M. et al. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71 : 1530-1540, 1992.
17. Tay F.R. and Gwinnett A.J. et al. Micromorphology of the resin-dentin interface following a total etch technique in vivo. *J Dent Res* 73(special issue) : 313, 1994.
18. Suzuki K., Takahashi M. and Nakai H. Treatment of dentin by aqueous solution of amino-acid derivatives-HEMA.

Adhes Dent 8 : 227-235, 1990.

19. Erickson R.L. Surface interactions of dentin adhesive materials. Oper Dent(Supple 5) : 81-94, 1992.
20. Spencer P. and Byerley T.J. et al. Chemical characterization of the dentin/adhesive interface by Fourier Transform Infrared Photoacoustic Spectroscopy. Dent Mater 8 : 10-15, 1992.
21. Erickson R.L. Mechanism and clinical im-
plications of bond formation for two dentin bonding agents. Am J Dent 2 : 117-123, 1989.
22. 안운선. 대한 화학. 탐구당 출판사 2 : 158-159, 1992.
23. 이광원. 산 표면처리 후 상아질 표면의 습윤이 하이브리드층 형성에 관한 전자현미경적 연구. 대한치과보존학회지 20 : 개재예정, 1995.

Explanation of figures

- Fig. 2. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned specimen applied with All Bond 2. (SEM×2500)
- Fig. 3. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 5% NaOCl treated specimen applied with All Bond 2. (SEM×2500)
- Fig. 4. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned specimen applied with Scotchbond Multipurpose. (SEM×5000)
- Fig. 5. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 5% NaOCl treated specimen applied with Scotchbond Multipurpose. (SEM×2500)
- Fig. 6. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned specimen applied with Clearfil Photobond. (SEM×2500)
- Fig. 7. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 5% NaOCl treated specimen applied with Clearfil Photobond. (SEM×2500)
- Fig. 8. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned specimen applied with Superbond D–Liner. (SEM×2500)
- Fig. 9. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 5% NaOCl treated specimen applied with Superbond D–Liner. (SEM×2500)
- Fig. 10. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 10% NaOCl treated specimen applied with All Bond 2. (SEM×2500)
- Fig. 11. Fractured resin–dentin interface in the acid conditioned / 10% NaOCl treated specimen applied with Scotchbond Multipurpose. (SEM×2500)

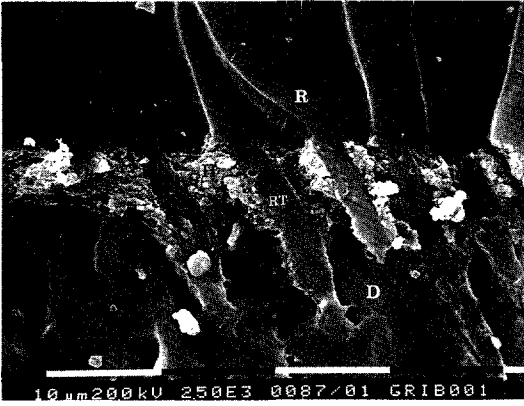


Fig. 2.

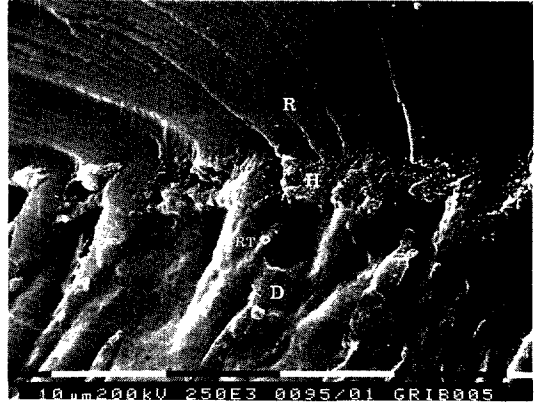


Fig. 3.

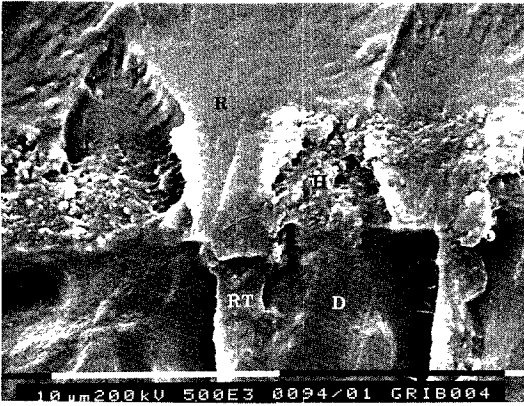


Fig. 4.

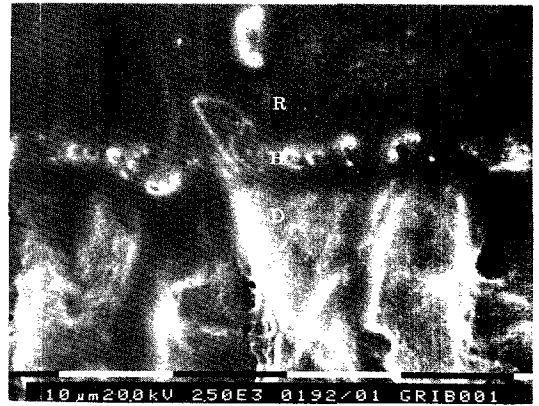


Fig. 5.

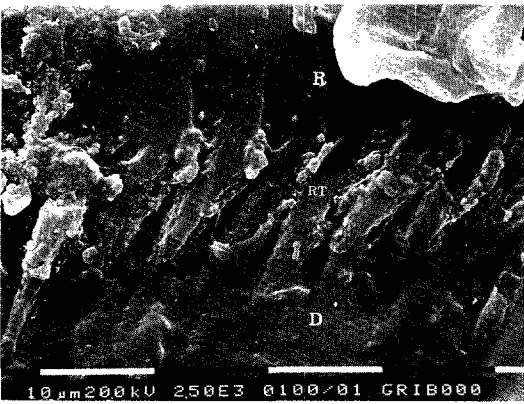


Fig. 6.

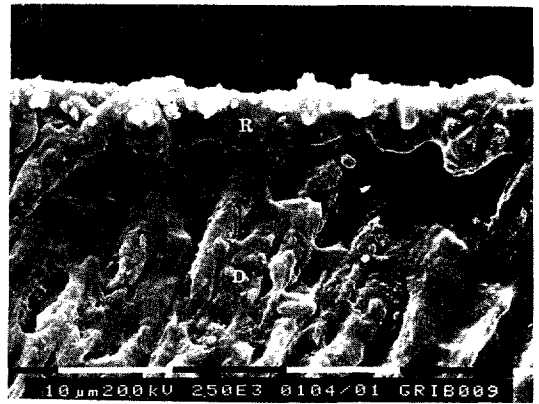


Fig. 7.

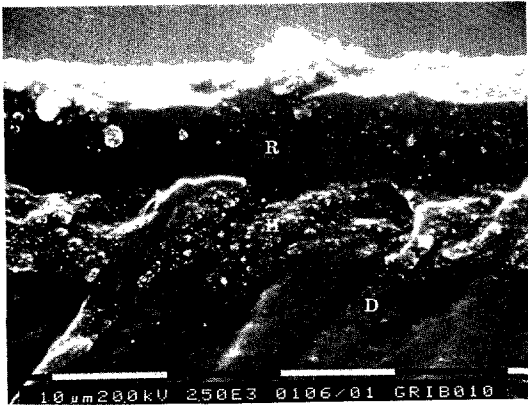


Fig. 8.

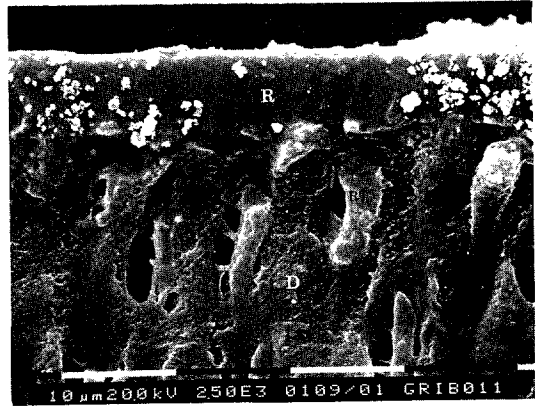


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.