

## 상아질 접착제의 전단결합강도 및 주사전자현미경적 연구

원광대학교 치과대학 치과보존학교실  
이기환 · 임미경

Abstract

### A STUDY ON THE SHEAR BOND STRENGTH AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC INVESTIGATION OF DENTIN BONDING AGENTS

Gi-Hwan, Lee, D. D. S., Mi-Kyung, Im, D. D. S., M. S. D., Ph. D.

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Wonkwang University*

The purpose of this study was to estimate the shear bond strength and observe the fractured and interfacial surfaces of various dentin bonding agents used conjunction with a visible light cured composite. The senentytwo human premolars and molars extracted due to periodontal or orthodontic reasons were used and randomly divided into six groups.

All the prepared dentin surfaces were treated with Superbond D-liner, Scotchbond Multi-Purpose, All-Bond 2 and Prisma Universal Bond 3 accroding to the manufacturer's instructions.

Six specimens were then demineralized in 10% HCl for 24 hours and the other six specimens were not demineralized in order to observe the interfacial surfaces with Hitachi X-450 SEM at 25Kv. Also shear bond strength were obtained using an Instron Testing Machine with a crosshead speed of 1mm/min.

The following results were obtained :

1. Although shear bond strength of Superbond D-Liner(17.35 MPa) and Scotch-bond Multi-Purpose group(17.29 MPa) were higher than the All-Bond 2(12.80 MPa) and Prisma Universal Bond 3(13.43 MPa), there were no significant statistic differences in the shear bond strength between 4 groups.( $P < 0.05$ )

As a result of etching to dentin in Prisma Universal BOND 3 experimentally, the resin tag was formed, but shear bond strength was decreased.

2. The resin tag into the opened dentinal tubule was formed in Superbond D-Liner, Scotch-bond Multi-Purpose, All-Bond 2(etching) and Prisma Universal Bond 3(etching), but not in the All-Bone 2 and Prisma Universal Bond 3(non-etching).
3. Strong, durable bonds between dentin and dentinal bonding agents are essential, not only resin tag into the dentinal tubules, but also hybrid layer.

## I. 서 론

최근 환자들의 치아보존과 심미적 욕구에 대한 관심의 증가로 인하여 치질삭제를 최소화하면서 치아를 보존할 수 있는 여러가지의 수복물질들이 개발되어 왔다. 수복물과 치질이 긴밀하게 접촉하면, 치질의 삭제를 줄일 수 있을 뿐 아니라 변연부 미세누출을 억제하여 세균과 변색 물질의 유입을 방지할 수 있으며, 이에 따라 재발성 우식, 상아질 지각과민증과 치수 병변을 예방함으로써 치아를 건강하게 유지할 수 있다<sup>1,2)</sup>.

법랑질은 Buonocore<sup>3)</sup>에 의한 산부식법이 현재까지 사용되고 있는데, 이는 산처리 후 법랑질의 표층에 형성되는 많은 미세공극을 이용하여 물리적 결합을 이루는 방법이다. 그러나, 상아질의 경우는 법랑질과 달리 다공성인 상아세관으로 구성되어 유동적인 치수조직과 연결되어 있어 끊임없이 체액교환이 일어나 완벽하게 건조시키기 어렵다. 또한 상아질은 주로 교원섬유인 유기질로 구성되어 있는 생활 조직이므로, 수복재와 긴밀한 접촉을 이루기 어렵다<sup>4,5)</sup>. 상아질과 수복물질간의 결합에는 이러한 요소뿐 아니라, 도말층과의 상호 연관성도 큰 비중을 차지하고 있다<sup>6)</sup>.

상아질과 수복재간의 결합을 증진시키기 위하여, Buonocore<sup>6)</sup>, Omura<sup>7)</sup>, Fusayama<sup>8)</sup> 등은 상아질을 산부식시켜 상아세관의 입구를 확장하여 저점도의 레진이 스며들어 물리적 유지력을 얻어 결합강도가 증가되었으나, 법랑질의 산부식에 사용되는 30-60%의 인산용액을 사용하였기 때문에 상아질 표층의 도말층뿐만 아니라 관주상아질까지 용해되어 상아세관이 깔대기 모양으로 확대되어, 조상아세포의 전위, 염증, 및 치수피사등이 야기되었다고 보고하였다<sup>9,10)</sup>. 뿐만 아니라, 개방된 상아세관내로 점도가 낮은 단량체(monomer)가 침투되어 형성되는 resin tag에 의해서 결합강도가 크게 증가되는 것으로 나타나지는 않았다<sup>11,12)</sup>.

이후 Bowen등<sup>13)</sup>과 Cobb등<sup>14)</sup>은 상아질에 대한 접착력을 향상시키기 위하여, 도말층을 제거한후 상아질의 표면 성상을 변화시켜 접착을

증진시키는 금속착염인 ferric oxalate를 매염제(mordant)로 소개하였다. 또한 Nakabayashi<sup>15)</sup>는 3% FeCl<sub>2</sub>를 10% citric acid에 첨가하여 만든 10-3 solution을 상아질에 전처리한 결과 4-META, MMA/TBB레진의 접착성이 증가됨을 보고하였다. 이러한 금속착염이 상아질에 대한 접착을 증가시키는 이유는 상아질내의 교원질에 금속이온이 흡착되어 발생하는 변성을 억제하므로 레진 단량체의 침투가 확산되어 강한 수지함입층(hybrid layer)이 형성되어 접착력을 증가시키는 것으로 보여진다<sup>16)</sup>.

이에 본 연구에서는 현재 시판되고 있는 다양한 형태의 상아질 결합체를 동일한 조건하에서 처리한 후 주사전자현미경을 이용하여 수복재료와 상아질사이의 접착면을 관찰하여 결합에 영향을 미치는 요소와 각 상아질 결합제사이의 전단결합강도를 측정해본 결과 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

치주 질환 및 교정 치료를 목적으로 발거된 충치와 수복물이 없는 72개의 소구치와 대구치를 발거 직후 생리 식염수에 보관후 실험에 사용하였다.

상아질 표면처리제와 결합제는 Table 1에 나타난 4가지 종류의 conditioner, primer 및 bonding resin을 사용하였으며, Prisma Universal Bond 3의 경우는 인위적으로 10% maleic acid를 이용하여 전처리를 실시하여, 부착제 사용여부에 따른 전단강도를 비교하였다. 수복용 레진은 광중합 복합레진인 Z-100(3M, Dent., Prov. Div. USA)을 사용하였다(Table 1).

### 2. 실험 방법

#### 1) 시편제작

치과용 고속절삭 bur를 이용하여 치아의 CEJ에서 치근을 절단한 후, 직경 4mm이상의 상아질 표면을 노출시키기 위하여 근원심면의 법랑질을 삭제하였다. 처리된 72개의 치아를

Table 1. Dentin Bonding Agents used in this study

Adhesive system	Component	Chemical composition	Manufacturer
Superbond D-Liner	conditioner	10% citric acid	Sun
	primer bonding resin base catalyst	3% ferric chloride	Medical (JAPAN)
		HEMA	
		4-META, MMA, HEMA	
		TBB(tri-butyl borane)	
ScotchBond Multi-Purpose	etchant	10% maleic acid	3M (U. S. A)
	primer	HEMA	
	bonding resin	HEMA Bis-GMA	
All-Bond 2	conditioner (etchant : All-Etch)	20% SA-HEMA	BISCO (U. S. A)
	primer A	10% phosphoric acid	
	B	2% NTG-GMA	
	bonding resin	16% BPDM	
		Bis-GMA, UDMA, HEMA	
Prisma Universal Bond 3	(etchant)	10% maleic acid	Caulk/ Dentsply (U. S. A)
	primer	30% HEMA	
	adhesive	6% PENTA	
		HEMA, PENTA urethane resins	

240 grit의 silicone carbide 연마지(Beuhler Ltd.)로 연마한 후, Fig. 1의 rubber mold에 연마된 상아질면이 하부로 향하도록 고정하여 자가 중합 acrylic resin을 사용하여 resin block을 제작하였다. Block이 평행해지도록 하기 위하여 저속 다이아몬드 절삭기를 이용하여 block의 하단을 치아면과 평행하게 절단하였다(Fig. 2).

시편을 연마용 시편 고정장치에 고정시킨 다음 320, 400grit의 silicone carbide 연마지로 표면연마하였으며(Fig. 3), 증류수에서 10분간 초음파 세척하여 건조시켰다. 치아를 37°C에서 24시간 동안 증류수에 보관한 후, 준비된 72개의 치아중 60개는 전단결합강도 측정을 위하여 사용하였으며, 12개는 주사전자현미경을 이용하여 접착계면을 관찰하였다.

## 2) 상아질 표면의 처리

준비된 상아질면에 수복용 복합레진을 접착시키기 위해 상아질 표면처리제와 결합제를 사용하여 제조회사의 지시에 따라 다음과 같이 처리하였다.

### a) 1군(Superbond D-Liner, SB)

상아질 표면에 혼합된 표면처리제를 15초간 적용한 다음, 증류수로 세척 후 공기를 분사하여 건조시켰다. 표면처리된 상아질면에 primer를 도포하고 공기를 분사하여 건조시킨 후 liquid 2방울과 catalyst 1방울을 균일하게 혼합하여 상아질면에 얇게 도포한 후 공기로 건조시켰다.

### b) 2군(Scotchbond Multi-Purpose, SBMP)

Etchant인 10% maleic acid를 상아질면에 15초간 적용시킨 후, 증류수를 이용하여 세척, 건조시켰다. Primer를 도포하고 표면이 반짝일

때까지 건조시킨 후, adhesive resin을 도포하고 10초간 광중합을 시행하였다.

c) 3군(All-Bond 2, AB, non-etching group)

Dentin conditioner인 20% SA-HEMA를 상아질면에 30초간 도포 후 10초간 건조시켰다. Primer A와 B를 혼합하여 3번이상 도포후 10초간 건조시키고 15초간 광중합을 시행하였다.

d) 4군(All-Bond 2, ABE, etching group)

20% SA-HEMA대신에 All-etch (10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)로 상아질면을 15초동안 처리한 다음 압축공기로 건조시켰으며, primer A와 B를 혼합하여 상아질면에 3회이상 도포하고 공기를 분사하여 10초간 건조시켰다. Bonding resin을 도포후 15초간 광중합을 시행하였다.

e) 5군(Prisma Universal Bond 3, PUB, non-etching group)

Dentin primer를 상아질면에 도포후 30초간 공기중에서 건조시킨후 5-10초동안 공기를 분사하여 여분의 액체성분을 건조시켰으며, Adhesive를 얇게 도포하고 10초간 광중합을 시행하였다.

f) 6군(Prisma Universal Bond 3, 실험군 PUBE, etching group)

Dentin primer를 도포하기전에 10% maleic acid를 상아질면에 처리하여 도말층을 제거하고 primer를 30초동안 적용시킨후 5-10초동안 공기를 분사하여 여분의 액체성분을 건조시켰으며, adhesive를 얇게 도포하고 10초간 광중합을 시행하였다.

3) 전단결합강도 측정

제조회사의 지시에 따라 상아질 표면처리제, 접착 강화제 및 결합제로 상아질 표면을 처리한 다음, Fig. 4의 polyethylene tube를 이용하여 직경 4mm, 높이 3mm의 레진을 접착하였다. 복합레진은 전치부 및 구치부 수복용으로 이용되는 Z-100(3M Dent, Prov, Div.)을 사용하였으며, 레진은 1mm씩 적층후 60초간 광중합을 시행하였다.

접착이 완료된 시편을 37°C의 증류수하에 24시간 동안 저장후, 만능시험기(Instron Model No. 4201 U.S)에 전단 장치를 부착하고 용량 50kg의 load cell을 이용하여 cross head speed

1mm/min에서 측정하였다. 각 군간의 통계적 유의성은 paired t-test와 correlation을 이용하여 검사하였다(Fig. 5).

4) 주사 전자 현미경 관찰

복합레진이 부착된 12개의 시편을 Fig. 5의 rubber mold에 고정시킨후 acrylic resin을 적용시켰다. 저속 다이아몬드 절단기를 이용하여 적착면에 대하여 수직이 되게 시편의 중앙을 절단하고, 6개는 24시간 동안 10% HCl에 저장하여 탈회를 시키고 나머지 6개는 탈회를 시키지 않았다(Fig. 6). 전단응력에 의하여 파절된 시편중 각 군당 1개씩을 선별하여 24시간 동안 dessicator에 보관하였다. 이후 모든 시편은 금 증착(Eiko-ion coater, Eiko engineering Co.) 후 주사전자현미경(Hitachi S-450 SEM, JAPAN)에 의한 가속 전압 25KV로 접착면과 파절면을 관찰하였다.

### III. 실험 성적

#### 1. 각 실험군의 전단 결합 강도

제작된 60개의 시편을 각 실험군별로 구분하여 전단결합강도를 측정하고 통계적 유의성을 조사하였다. 표2에 나타난 바와 같이 제1군(Superbond D-Liner처리군)과 제1군(Scotchbond Multi-Purpose처리군)이 높은 전단결합강도를 보였고 제4군(All-Bond 2, etching group)과 제5군(Prisma Universal Bond 3처리군, non-etching group)이 다음으로 큰 순서를 나타내고 있었으며 제6군(Prisma Universal Bond 3, etcning group)이 가장 미약한 전단결합 강도를 나타내었다. 각 군간의 통계적 유의성을 검정한 결과 통계적 유의성은 찾아볼 수 없었으나, 제1, 2군이 3, 5군에 비하여 어느 정도 높은 결합강도를 보였으며, 3군과 4군은 비슷한 결합강도를 그리고 5군과 6군사이에서도 약간의 차이를 볼수 있었다.

#### 2. 주사전자현미경 관찰

상아질면을 6종의 상아질 접착제로 처리하고 Z-100 복합레진을 접착한 다음 복합레진 접착부의 접착계면 및 전단 응력을 가하였을때의

Table 2. Shear bond strength of composite resin to dentin surface

Group	No of specimens	Minimum	Maximum	Men	S. D.
1(SB)	8	13.66	22.85	17.35	4.39
2(SBMP)	8	13.30	20.85	17.29	2.86
3(AB)	10	5.48	17.38	10.40	4.03
4(ABE)	10	4.80	25.92	12.80	6.28
5(PUB)	10	6.64	20.64	13.43	4.62
6(PUBE)	10	3.29	14.31	8.37	3.95

파면을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

1) 1군(Superbond D-Liner Group)

Photo. 1은 22.85MPa의 전단 응력을 가하였을 때 파절된 시편으로서, 도말층 제거에 의하여 개방된 상아세관 내부로 침투된 resin tag의 파절로 인해 상아세관이 폐쇄된 양상이 나타났다.

2) 2군(Scotchbond Multi-Purpose Group)

Photo. 2는 20.85MPa의 전단응력을 가했을 때, 파절된 시편으로서 개방된 상아세관 내부로 침투되어진 resin tag의 파절로 인해 상아세관이 폐쇄된 양상을 관찰하였다.

Photo. 3은 10% HC1로 24시간동안 치아를 탈회시켜 3000배의 배율로 관찰한 것으로 개방된 상아세관 내부로 침투된 resin tag가 나타났다.

Photo. 4는 탈회된 상아질에 형성된 hybrid layer와 resin string의 모습이 나타났다.

3) 3군(All-Bond Group : No etching)

Photo. 5는 10% HC1로 24시간동안 치아를 탈회시켜 3000배의 배율로 관찰한 사진으로서 resin string의 형성은 찾아볼 수 없었고, hybrid layer의 형성을 관찰할 수 있다.

Photo. 6은 상아질과의 접착계면으로서, 표면의 조도에 의하여 공극이 형성되어 접착이 실패한 모습이 관찰되었다.

4) 4군(All-Bond Group : etching by All-etchant)

Photo. 7은 17.77MPa의 전단응력을 가했을 때 파절된 시편으로서 개방된 상아세관 내부에 형성되어있던 resin tag가 탈락되고, 대부분의 상아세관은 개방되어 있었으며, 부분적으로

tag에 의하여 폐쇄된 상아세관이 나타났다.

10% HC1로 부식시킨 Photo. 8을 보면 부분적으로 짧게 형성된 resin string이 관찰되었다. Photo. 9에서는 상아질면의 부식과 함께 수지함입층과 resin string이 형성되었다.

5) 5군(Prisma Universal Bond 3 Group : No etching)

Photo. 10은 접착계면 부위의 치질을 10% HC1로 탈회시킨 사진으로서 resin string의 형성을 볼수 없었다. 또한 Photo. 11의 접착계면에서도 상아질의 부식이나 resin string은 관찰되지 않았다.

6) 6군(Prisma Universal Bond 3 Group : etching by 10% maleic acid)

Photo. 12는 14.3MPa의 전단응력을 가했을 때 파절된 시편으로서 resin tag가 탈락되어 상아세관이 개방된 모습이 관찰되었다. 또한 부분적으로 resin tag에 의하여 폐쇄된 상아세관도 관찰되었다.

#### IV. 총괄 및 고찰

손상된 치아의 경조직을 수복하기 위하여 Buonocore<sup>3)</sup>가 산부식법을 소개한 이후 범랑질에 대한 접착은 많이 발전되었으나, 상아질은 산부식 처리시 조상아세포와 치수에 손상을 줄 수 있으며 완전한 건조가 어렵기 때문에 상아질면에 복합레진을 접착시키는 것은 매우 어려운 것으로 인식되어왔다. 이러한 수복물질과 상아질간의 결합에 영향을 미치는 인자로, Stanford<sup>17)</sup>는 상아질의 산부식 여부, 수복재료의 경화수축 정도, 치면의 깊이, 발치 후의 경과

시간과 실험치아의 기왕력등을 고려하였으며, Bowen등<sup>18)</sup>은 도말층의처리여부가 특히 큰 비중을 차지한다고 하였다. Suzuki와 Finger<sup>19)</sup>은 상아질 두께에 따라 결합강도가 치아가 있음을 보고하였는데, 잔존 상아질 두께가 1mm이하인 경우 상아법랑질 경계부위에 비하여 결합강도가 30-40% 낮게 나타났다고 보고하였으며, Olsesen<sup>20)</sup>은 교합면보다 협설측면의 결합강도가 20-50% 높게 나타난다고 보고하였다.

Pashley<sup>21)</sup>는 상아질이나 법랑질 삭제시 형성되는 도말층은 1-5um정도의 두께를 가지는 유기질과 무기질로 구성된 오염층으로서 치밀하지 못한 형태를 띠고 있다고 하였다. 이러한 도말층은 하부의 건전 치질과의 결합이 불안정할 뿐만 아니라 구성 성분중 칼슘의 농도도 낮고 수분함량이 많아서 복합레진과 상아질의 결합을 방해하는 중요요인이라고 하였다. 또한 Gwinnett<sup>22)</sup>와 Bowen<sup>18)</sup>은 도말층이 치면의 에너지를 낮추어 결합을 저해하므로 상아질 표면을 산부식시켜 smear plug를 포함한 모든 도말층을 제거하여 상아세관을 개방시킴으로써 결합력을 증진시킬 수 있다고 하였다.

그러나, 산을 이용하여 smear plug를 포함한 모든 도말층을 제거할 경우 상아세관이 개방되어 조상아세포의 전위, 염증 및 치수괴사를 야기할 수 있으며, 특히 잔존상아질의 두께가 1.0mm이하일 경우는 치수에 심한 비가역적 염증반응을 일으킬 수도 있게 된다<sup>23)</sup>. Michlich등<sup>24)</sup>은 도말층이 자연적인 와동이장재로 작용하여 상아세관내로의 세균침투를 막을 수 있다고 하였다. 또한 Vojinovic등<sup>25)</sup>은 상아질을 산부식 시킬 경우 도말층뿐만아니라 상아세관 주위의 관주 상아질까지 침식되어 치질에 레진이 장기간 결합되기 어렵다고 하였으며, Tao등<sup>26)</sup>도 도말층 제거후 개방된 상아세관내로 침투되는 결합제나 레진의 깊이가 400um이하이며, 또한 체액이동이 증가되어 낮은 결합력을 보인다고 보고하였다. Dipple등<sup>27)</sup>은 상아세관내에 smear plug만 잔존하더라도 체액이동을 상당히 감소시킬 수 있다고 하면서 도말층 제거를 반대하였다.

이상과 같이 현재까지도 도말층의 제거여부에

대해 확실한 이론은 없으나 Brannstrom등<sup>28)</sup>은 이상적인 상아질 표면처리제의 요건으로서 smear plug와 관주 상아질을 제거하지 않고 표층부의 잔존 도말층은 완전히 제거해야 하며, 치질과 수소결합이 가능한 가능균을 많이 가지는 고분자량의 물질로 구성되어야 하고, 잔존하는 smear plug내의 세균을 효과적으로 제거할 수 있는 소독제 성분이 포함되어 있어야 한다고 하였다. 그러나 법랑질의 산부식에 가장 많이 이용되는 37% 인산 용액과 50% 구연산 그리고 6%의 구연산을 각각 15초, 30초, 60초간 상아질에 적용시킨 결과 smear plug와 관주 상아질을 포함한 모든 도말층이 제거되었다<sup>29, 30, 31)</sup>.

이와 같이 상아질의 산부식법에 따른 단점을 보완하고 상아질 표면과의 결합력을 증진시키기 위하여 많은 연구가 이루어져 왔는데 이중 한가지는, 도말층을 제거하지 않고 하부의 건전 상아질과 상아세관내에 직접 결합이 이루어질 수 있도록 개발된 Scotchbond(3M Co.)와 같은 상아질 접착제이다<sup>32)</sup>. 이후 이 접착제에 HEMA, maleic acid, 물 등을 주성분으로 하는 접착강화제(primer)를 첨가함으로써 도말층의 제거정도와 상아질 표층에 대한 복합레진의 젖음성(wettability)을 증가시켜 Scotchbond 2(3 M. Co)를 개발하였다<sup>33)</sup>. 또 다른 방법의 하나로는, tannic acid나 ferric chloride와 glutaraldehyde와 같은 성분을 이용하여 도말층을 고정시키는 방법이 있다. 이 방법은 교원섬유들 간의 결합을 증진시킬 뿐만 아니라 교원섬유와 하부기질과의 결합도 증가시켜 기질의 응집력(cohesion)을 증가시키는 방법이다<sup>34, 35)</sup>.

본 실험에 사용된 Superbond D-liner는 4-META, MMA/TBB system으로서, 상아질을 10-3용액(10% citric acid+3% ferric chloride)으로 전처리함으로써 도말층이 제거되지만, 3% ferric chloride가 탈회부위의 교원섬유를 안정화시켜, 이 부위로 4-META, MMA/TBB resin이 침투되어 교원섬유와 미세기계적으로 결합되어 hybrid layer를 형성함으로써 결합을 이루게 된다. 이러한 hybrid layer는 상아질과의 결합강도를 증가시킬뿐만

아니라 산부식에 대하여 저항성을 가지고 있어 지각 파민성과 이차 우식증을 방지할수 있는 역할을 한다<sup>16, 36, 37</sup>. Nakabayashi등<sup>15</sup>에 의하면, 이 system의 촉매제인 TBB는 초기 중합시에 산소와 수분이 필요 하므로 수분이 풍부한 상아질에서 효율적일 뿐만 아니라 치면쪽에서 먼저 중합이 시작되므로 상아질쪽으로 수축이 되어 간극이 줄어들게 된다고 하였다. 본 실험의 주사현미경 관찰시에도 도말층이 제거되어 개방된 상아세관내로 침투된 resin tag의 형성을 볼 수 있었다. 그리고 파절은 대부분 resin tag에서 발생되어 파절 후에도 개방된 상아세관은 볼 수 없었다(Photo. 1).

Scotchbond Multipurpose는 10% maleic acid를 이용하여 상아질을 부식시킴으로써 표층부의 도말층뿐만 아니라 부분적인 smear plug의 용해가 일어나지만, 친수성의 HEMA가 무기질과 이온결합을 하여 습윤력을 증가시키며 소수성인 Bis-GMA와 친수성인 HEMA로 구성된 adhesive agent가 상아세관내로 침투되어 중합되어짐으로 해서 결합이 일어난다고 보고 있다<sup>38</sup>. 이번 실험에서도 상아세관내로 침투된 resin tag의 형성을 볼 수 있었으며 접착계면의 사진에서도 hybrid layer와 resin string의 형태를 볼 수 있었다(Photo. 2-4).

All-Bond 2는 dentin conditioner와 primer, adhesive resin으로 구성되어 있는데, 2% NTG-GMA와 16% BPDPM으로 구성된 primer자체가 친수성일뿐 아니라 primer내의 acetone성분이 수분 건조제이면서 수분 추적제(water chaser)의 역할을 하기 때문에 약간의 습기가 있는 상아질에서 더욱 우수한 결합강도를 가진다고 한다<sup>38, 39</sup>. 또한 All-etch로 탈회시 형성되는 resin tag의 중합 수축이 상아세관의 중심부위로 일어나는 것이 아니라 tag의 주변 부쪽으로 발생되어 상아세관벽과의 결합을 증진시키므로 높은 결합력을 가지게 된다고 주장하고 있다. 그러나 본 실험에서는 All-Bond 2의 경우는 다른 제품에 비하여 낮은 결합강도가 나타났다. 그리고 주사현미경 관찰시 All-etchant를 사용한 경우에 상아질면의 부식과 함께 resin tag의 형성을 부분적으로 관찰할 수 있

었다<sup>40, 41, 42</sup>(Photo. 5-9).

Prisma Universal Bond 3는 상아질전처리제로 dipentaerythetol pentacrylate phosphoric acid ester(PENTA)와 hydroxyethyl methacrylate(HEMA)를 함유한 alcoholic solution으로서, PENTA를 함유한 primer와 adhesive의 pH의 각각 2.6과 5.5이다<sup>40, 41, 43</sup>. PENTA-HEMA의 primer로 도말층을 전처리함으로 해서 adhesive가 도말층을 통과하여 하부의 건전상아질의 hydroxyapatite와 결합하게 된다고 하였다<sup>44, 45</sup>. 본실험의 주사전자현미경 관찰하에서도 상아질의 부식이나 resin tag의 형성은 관찰할 수 없었다(Photo. 10-12).

한편, 상아질과 상아질 접착제간의 유지력을 평가하기 위하여서 일반적으로 전달결합강도나 인장결합강도를 측정하고 있다. 현재 임상에서 사용되고 있는 6종의 상아질 결합제의 전달결합강도에 관하여 Chappel과 Eick<sup>46</sup>은 Scotchbond Multi-Purpose가 두번의 실험에서 25.0MPa과 26.9MPa로 가장 높은 전달결합강도를 보였으며, All-Bond 2의 경우는 etching을 실시할 경우 15.4MPa 그리고 etching을 실시하지 않았을 경우는 14.6MPa이었으며, PUB 2의 경우는 11.2MPa로서 가장 낮은 전달결합강도를 보고하였다.

또한 Eick과 Robinson<sup>40, 42</sup>도 Scotchbond Multi-Purpose가 25.0MPa로 가장 높은 전달결합강도를 보였으며, Superbond D-Liner가 22.6MPa, All-Bond 2가 15.6MPa의 결합강도를 나타냈고, Prisma Universal Bond 2가 11.2MPa로서 가장 낮은 전달결합강도를 나타내었다고 보고하였으며, Barkmeier<sup>47</sup>는 Prisma Universal Bond 2의 전달결합강도가 16.55MPa이었다고 보고하였다.

본 실험에서는 Superbond D-Liner로 처리한군이 17.53MPa, Scotchbond Multi-Purpose군이 17.29MPa, Prisma Universal Bond 3처리군이 13.43MPa 그리고 All-Bond 2군에서 각각 12.80MPa(etching군)과 10.40MPa(Non-etching군)로 가장 낮은 전달결합강도를 나타내었다. 그러나 각 군간에서 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그리고 All-

## V. 결 론

Bond 2군에서 상아질을 부식시 10% phosphoric acid를 사용하였는데 이것은 표층의 smear layer는 제거되지만, 일부의 상아세관내의 smear plug는 잔존하게 된다. 하지만 전단강도의 측면에서 보았을 때, Eick등<sup>40, 42, 46)</sup>은 etching을 실시한 경우는 15.4MPa, 그리고 etching을 하지 않은 경우도 전단 강도가 14.6 MPa로서 반드시 etchant를 사용할 필요는 없는 것으로 보고하였다. 이와 같이 산부식을 시키더라도 뚜렷한 결합력의 증가가 나타나지 않는 이유는 10% phosphoric acid는 관간 상아질을 효율적으로 탈회시키지 못할 뿐만 아니라, 탈회가 된다 하더라도 primer가 탈회된 상아질 층만큼 침투하여 교원질과 중합이 되지 못하기 때문이라고 하였다. 그리고 Prisma Universal Bond 3가 낮은 결합강도를 갖는 이유에 관하여는 이 등<sup>48)</sup>의 주사현미경 관찰에 의하면 도말층을 변화시켜 형성된 불규칙한 결정상때문에 부분적으로 상아세관 내부로의 레진 침투가 저해되었기 때문이라고 보고하였다. 그러나 본 실험에서 상아질면을 10% maleic acid를 처리하여 도말층을 제거하고 상아세관을 개방시킨 후 Prisma Universal Bond 3를 사용한 결과 상아세관내로의 resin tag의 형성은 관찰할 수 있었으나, 오히려 처리하지 않은 경우보다 더 낮은 결합강도를 보여주었다. 이러한 결과는 상아세관내부로 침투된 resin tag에 의해서 큰 결합강도가 얻어지지 않았다는 Rider등<sup>11)</sup>과 Toney<sup>12)</sup>의 연구결과와 유사하였다. 그리고 Nakabayashi등<sup>15)</sup>은 상아질과의 강한 결합을 위해서는 상아질내 무기질이나 유기질과의 결합에 의한 수지함입층(hybrid layer)이 또한 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 본 실험에서는 측정된 전단결합강도의 수치와 타실험과의 수치상 차이는 상아질 접착제가 사용 술식에 따라 아주 예민하고 실험 방법의 차이에 따라서도 달라지므로 본 실험의 수치를 그 재료의 절대적인 전단응력수치로 평가하기보다는 다른 연구자들과의 보고와 상태평가함으로써 그 의의를 찾고자 하였다.

상아질 표면처리후 복합레진과 상아질간의 전단결합강도 및 파절면과 접착계면의 특성을 알아보기 위하여 6종의 상아질 표면처리제와 접착제로 처리하고 수복용 복합레진 Z-100을 접착시킨 다음, 만능 재료시험기와 주사전자현미경을 이용하여 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상아질면에 대한 전단결합강도는 Superbond D-Liner처리군(17.35MPa)과, scotchbond Multi-Purpose처리군(17.29MPa)이 All-Bond 2처리군(12.80MPa)과 Prisma Universal Bond 3처리군(13.43MPa)에 비하여 다소 높은 전단결합강도를 보였으나, 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 또한 Prisma Universal Bond 3처리군의 경우 실험적으로 상아질을 부식시킨 결과 resin tag의 형성은 관찰되었으나, 전단결합강도는 감소되었다.
2. 주사전자현미경을 이용하여 파절면과 접착계면은 관찰한 결과 Superbond D-Liner처리군과 Scotchbond Multi-Purpose처리군 그리고 etching을 시행한 All-Bond군과 Prisma Universal Bond처리군에서 개방된 상아세관내로의 resin tag의 형성을 관찰할 수 있었으며, etching을 시행하지 않은 All-Bond군과 Prisma Universal Bond처리군에서는 resin tag의 형성을 관찰할 수 없었다.
3. 상아질 결합제가 높은 결합강도를 가지기 위해서는 개방된 상아세관내로 형성된 resin tag뿐 아니라, 수지함입층(hybrid layer)도 중요한 역할을 하는 것으로 사료되었다.

## 참고문헌

1. Buonocore MG : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J Dent Res 34 : 849-855, 1955.
2. Stanford JW : Bonding of restorative materials to dentin. Int Dent J 35 : 133-138,



- 1985.
3. Asmussen E and Munksgaard EC : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int Dent J* 38 : 97–104, 1988.
  4. Ericks HM : Pulpal response of monkeys to composite resin cement. *J Dent Res* 53 : 565–571, 1974.
  5. Philips W : Advancements in adhesive restorative dental materials. *J Dent Res* 45 : 1662–1667, 1966.
  6. Buonocore M, Wileman W and Brudevold F : A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res* 35 : 846–851, 1956.
  7. Omura I, Yamauchi J, and Wada T. : A New Dentin-bonding agent and its adhesive properties. *J Dent Res* 64(IADR) Abstr. No. 623.
  8. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N and Iwaka M : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 58 : 1364–1370, 1979.
  9. Gwinnett AJ : The morphological relationship between dental resin and etched dentin. *J Dent Res* 56 : 1155–1160, 1977.
  10. Lee HL, Orlowsky JA, Scheidt GC and Lee JK : Effect of acid etchants on dentin. *J Dent Res* 52 : 1228–1233, 1973.
  11. Rider M, Tanner AM and Kenny B : Investigation of adhesive properties of dental composite materials using an improved tensile test procedure and scanning electron microscopy. *J Dent Res* 56 : 368–378, 1977.
  12. Toney DL : The retentive ability of acid etched dentin. *J Prost Dent* 39 : 169–172, 1978.
  13. Bowen RL : Adhesive bonding of various materials to hard tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active co-monomers. *J Dent Res* 44 : 895–902, 1965.
  14. Bowen RL and Cobb EN : A method for bonding to dentin and enamel. *JADA* 107 : 734–736, 1983.
  15. Nakabayashi N : Hybrid layer as a Dentin-bonding mechanism. *J. Esthet Dent* 4 : 133–138, 1991.
  16. Van Meerbeek B, Dhem A : Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72 : 495–501, 1993.
  17. Stanford JW, Sabri Z and Jose S : A Comparison of the effectiveness of dentin bonding agents. *Int Dent J* 35 : 139–147, 1985.
  18. Bowen RL, Eick JD, Henderson DA and Anderson DW : Smear layer : removal and bonding considerations. *Oper Dent Supplement* 3 : 30–35, 1984.
  19. Suzuki T and Finger WJ : Dentin adhesives site of dentin vs bonding of composite resins. *Dent Mater* 4 : 313–319, 1988.
  20. Olsson, S and Olio, G : Tensile bond strength of dentin adhesives : A comparison of materials and methods. *Dent Mater* 6 : 138–144, 1990.
  21. Pashley DH : Smear layer, physiological considerations. *Oper Dent* 3 : 13–29, 1984.
  22. Gwinnett AJ : Smearlayer : Morphological considerations. *Oper Dent Supplement* 3 : 3–12, 1984.
  23. Stanley HR, Going RE and Channcey HH : Human pulp response to acid pretreatment of dentin and to composite restoration. *JADA* 91 : 817–825, 1975.
  24. Michelich VJ, Schuster GS and Pashley DH : Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res* 59 : 1398–1403, 1980.
  25. Vojinovic HN and Brandstrom M : Acid

- treatment of cavities under resin fillings : Bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reaction. *J Dent Res* 52 : 1189–1193, 1973.
26. Tao L, Pashley DH and Boyd L : Effect of different types of smear layers on dentin enamel shear bond strengths. *Dent Mater* 4 : 208–216, 1988.
  27. Dippel H and Borggerven J : Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J Prost Dent* 52 : 657–662, 1984.
  28. Brannstrom M and Nordenvall KJ : The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration : A SEM investigation. *J Dent Res* 56 : 917–923, 1977.
  29. Brannstrom M and Johnson G : effects of various conditioners and cleansing agents on prepared dentin surfaces : A SEM investigation. *J Prost Dent* 31 : 422, 1974.
  30. Nordenvall KJ and Brannstrom M : In vivo resin impregnation of dentinal tubules. *J Prost Dent* 44 : 630–642, 1980.
  31. Pashley DH, Dichelich V and Keh T : Dentin permeability : effects of smear layer removal. *J Prost Dent* 46 : 531–537, 1983.
  32. Lloyd BA, Rich JA and Brown WS : Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high-speed dental drills. *J Dent Res* 57 : 675–684, 1978.
  33. Young Hwan Jo, Sumiya Hobo : Esthetic Adhesive Dentistry. 군자 출판사. pp 63–96, 1993.
  34. Hoppenbrouwers PM, Driessens FM and Stadhouders AM : Morphology, compositions, and wetting of dentinal bonding agent : Pretreatment effects. *J Dent Res* 62 : 221, Abstract No 469, 1974.
  35. Powis DR, Folleras T, Merson SA and Wilson AD : Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res* 61 : 1416–1422, 1982.
  36. Inokoshi S, Hosoda H, Harnittisai C and Shimada Y. : Interfacial structure between dentin and seven dentin bonding systems revealed using argon ion beam etching. *Oper Dent* 18 : 8–16, 1993.
  37. Van MeerBeek B, Inokoshi 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.
  38. Suh B. I : All-Bond : fourth generation dentin bonding system. *J Esthet Dent* 3 : 139–147, 1991.
  39. Kanka J : Effect of dentin drying on bond strength. *J Dent Res(Special Issue)*, 70 : 394, Abstract No. 1029, 1991.
  40. Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P and Robinson SJ : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesion. part I, *Quint Int* 22 : 967–977, 1991.
  41. Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P and Robinson SJ : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesion. part II, *Quint Int* 23 : 43–51, 1992.
  42. Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, Cobb CM and Spencer P : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesion. Part III, *Quint Int* 24 : 571–582, 1993.
  43. Davidson CL and DeGee AJ : Relocation of polymerization contraction stress by flow in dental composites. *J Dent* 63 : 146–148, 1984.
  44. nakabayashi N and Takarada k : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mat* 8 : 125–130, 1992.
  45. Gerbeno C and Nakabayashi N : Effect of HEMA treatment of bonding to EDTA pretreated dentin. *J Dent Res* 71 : 615–

- 624, 1992.
46. Chappell RP and Eick JD : Shear bond strength and SEM observation of six current dentinal adhesives. *Quint Int* 25 : 359-368, 1994.
47. Barkmeier WW and Huang CT : Bond strength, microleakage, and SEM examination of the Prisma Universal Bond 2 adhesive System. *J Esthet Den.* 2 : 134-139, 1990.
48. 이승영, 이지연, 배태성, 백병주 : “Thermocycling이 상아질과 복합레진의 결합강도에 미치는 영향”, *대한치과보존학회지* 20 : 149-163, 1994.

## Exlanation of photograph

- Photo. 1 Fracture surface of Superbond D-Liner when shear load was applied. (×30)
- Photo. 2 Fracture surface of Scotchbond Multi-Purpose when shear load was applied. (×1500)
- Photo. 3 Interface between dentin and Scotchbond Multi-Purpose which 10% HC1 was applied. (×3000)
- Photo. 4 Interface between dentin and Scotchbond Multi-Purpose. (3000)
- Photo. 5 Interface between dentin and All-Bone 2(non-etching group) which 10% HC1 was applied. (×3000)
- Photo. 6 Interface between dentin and All-Bond 2(non-etching group). (×3000)
- Photo. 7 Fracture surface of All-Bond 2(etching group) when shear load was applied. (×1500)
- Photo. 8 Interface between dentin and All-Bond 2(etching group) which 10% HC1 was applied.(×3000)
- Photo. 9 Interface between dentin and All-Bond 2(etching group). (×3000)
- Photo. 10 Interface between dentin and Prisma Universal Bond 3(non-etching group) which 10% HC1 was applied. (×3000)
- Photo. 11 Interface between dentin and Prisma Universal Bond 3(non-etching group). (×3000)
- Photo. 12 Fracture surface of Prisma Universal Bond 3(etching group) when shear load was applied. (×1500)

논문사진부도 ①

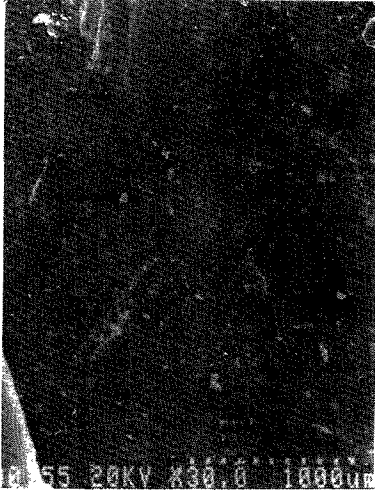


Photo. 1



Photo. 2

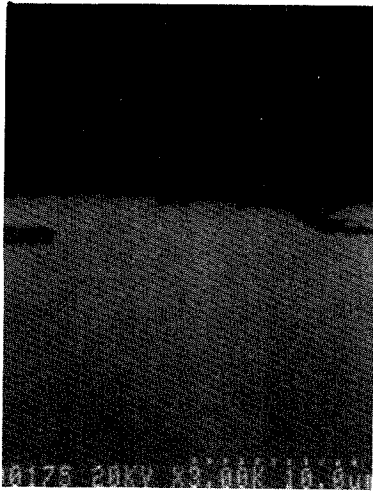


Photo. 3

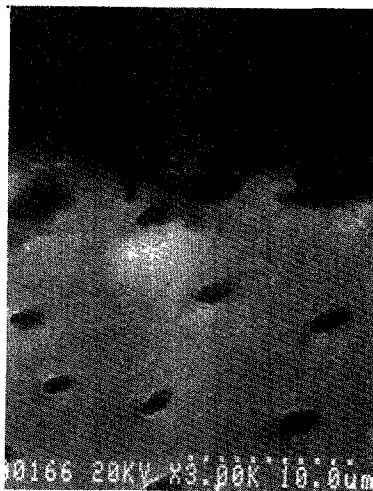


Photo. 4

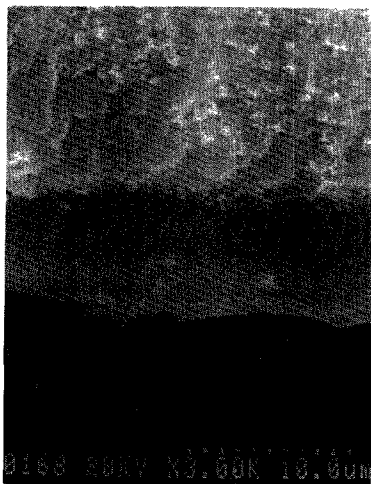


Photo. 5

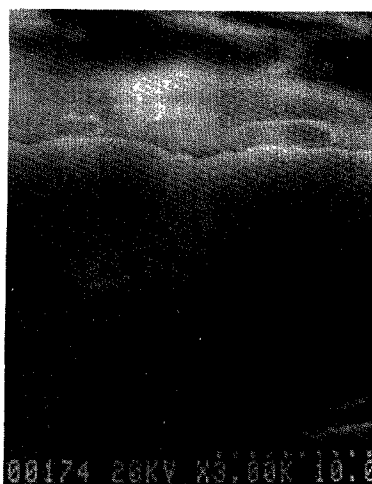


Photo. 6

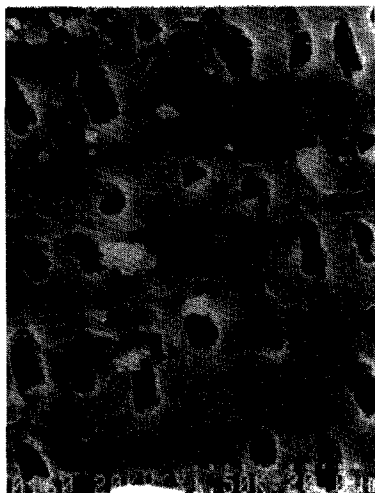


Photo. 7

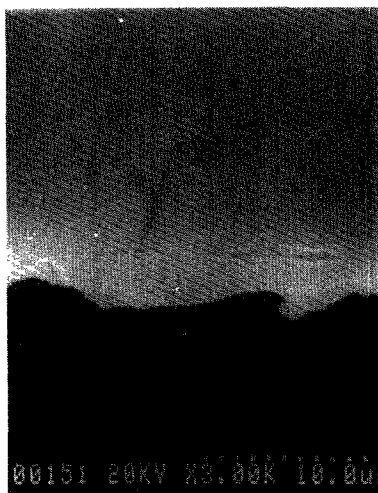


Photo. 8

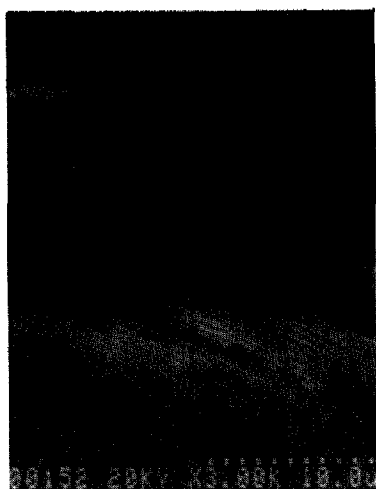


Photo. 9

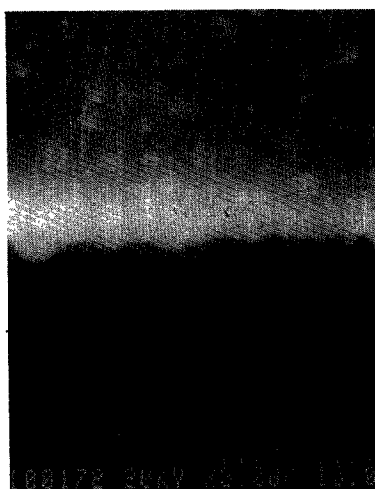


Photo. 10

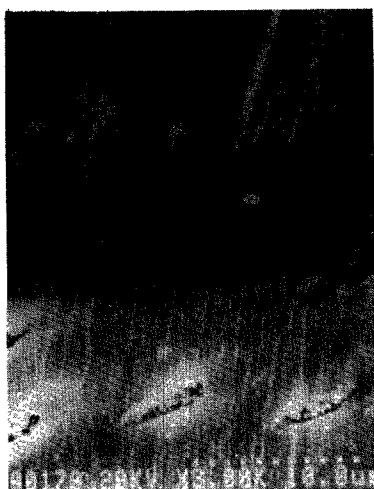


Photo. 11



Photo. 12