

접착강화제가 치아경조직과의 접착강도 변화에 미치는 영향에 관한 연구

경희대학교 치과대학 보존학교실
최웅대 · 박상진

Abstract

A STUDY ON THE EFFECT OF DENTIN BONDING AGENTS APPLIED OVER ENAMEL ABOUT THE BOND STRENGTH OF COMPOSITE RESIN

Woong-Dae Choi, D. M. D., M. S. D., Sang-Jin Park, D. D. S., M. S. D., Ph. D
*Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry,
Graduate School, Kyung Hee University*

The purpose of this study was to investigate the effect of dentin bonding agents on the bond strength of composite resin restorations in case of applying the dentin bonding agents to acid etched enamel surfaces. Freshly extracted 364 bovine anterior teeth were selected as adherents. 320 enamel specimens were divided into two groups (unetched group ① and etched group ②) for testing the shear bond strength, 40 specimens were used for the hardness testing, and 4 specimens were used to observe the resin-tag formation into etched enamel surfaces.

All surfaces of enamel specimens were polished with 320~1500 SiC paper under continuous running water.

In Group ①, 100 enamel specimens were polished and unetched. 220 polished enamel specimens in Group ② were etched with 37% phosphoric acid solution for 60 seconds, washed with water for 20 seconds, and dried with a light air pressure for 60 seconds.

Three kinds of dentin bonding agents (Gluma, Prisma, Scotchbond 2) were evaluated the effect on the bond strength to conditioned enamel surfaces. Shear bond strengths were measured on the three cases such as a coating of primer only, a coating of sealer only, and a sequential coating of primer and sealer to acid etched enamel surfaces were compared with the bond strengths measured by the coating of enamel bonding agent followed by the bonding of composite resin (Photo clearfil bright, Kuraray, Japan) to unetched and acid etched enamel surfaces.

In addition, the hardness tested on the adhesive fractured surface between composite resin enamel as a mean of evaluation of a factor whether the mechanical bond strengths

were affected and the penetration of dentin bonding agents into etched enamel surfaces was also observed. Bond strengths were measured using the method of shear bond strength by a universal testing machine (Instron-4467, USA), statistical test were applied to the results using a one way analysis variance(ANOVA), and hardness was measured by the Vicker's Hardness Tester(MHT-i, Matsuzawa, Japan) and the penetration of the resins were observed by the SEM (Hitachi, S-2300, Japan).

The following conclusions were drawn :

1. Enamel bonding agent showed to affect the improvement of bond strength of composite resin to enamel surface both unetched and etched.
2. Dentin bonding agents could be resulted in increase of bond strength to unetched enamel surface, but there were no statistical significances.
3. Bond strengths to etched enamel surface were significantly decreased with a coating of dentin primer only.
4. Coating of sealer only and coating of primer and sealer noticed the similar bond strengths of composite resin to etched enamel using the enamel bonding agents.
5. The applying method proved to be more effective than the kinds of dentin bonding agents on the bond strength of composite resin to etched enamel than the kind of dentin.
6. Vicker's hardness numbers of dentin bonding agents were lower than that of composite resin, but the degree of penetration of dentin bonding agents into etched enamel surfaces was excellent.

I. 서 론

최근 각종 접착성수복재와 접착기술의 발달에 따라 치과임상에서도 접착기술이 다양하게 응용되고 있다.

치과보존분야의 시술시 접착성수복재를 이용하므로써 치아삭제량이 적게 되었으며, 변연붕괴성이 향상되어 2차우식증의 발생을 감소시킬 수 있게 되었다.

치과보존분야의 접착성수복재로 사용되는 재료중 복합레진은 재료자체의 물리적성질의 우수성과 법랑질 뿐만아니라 상아질에도 접착성이 뛰어나 임상에서 널리 편리하게 사용되고 있다.

그러나 수복된 복합레진은 항상 수분이 존재하는 구강내 환경하에서 교합압 및 저작압등의 외력과 음식물및 온도변화에 노출되어, 변연누출등이 발생되고 수복재료자체의 물성이 취약해져 소기의 성능을 유지 보존하기가 힘든 실정이다.

물론 치아와 복합레진간의 결합을 증진시킬

목적으로 법랑질접착제(enamel bonding agent)와 상아질접착제(dentin bonding agent)가 이용되고 있으나¹⁻³⁾, 법랑질부위에서의 기계적 결합에 주로 의존하고있는 복합레진의 레진기질인 Bis-GMA는 분자량이 크고 점도가 크며 또 물성을 증진시키고자 무기질의 충전제(filler)가 첨가되어 있어 점도가 더욱 상승하여, 산부식된 법랑질⁴⁾의 표면요철내로 침투가 용이하지 못하여 결국 복합레진과 법랑질간의 결합강도를 감소시키게되므로, 분자량과 점도가 작은 레진을 Bis-GMA기질에 포함시켜 법랑질접착제로 사용하여, 최소한의 기계적 성질을 유지하면서 산부식된 법랑질에 형성된 미세한 표면요철부위에 대한 침투성을 높게 된다⁵⁾.

법랑질 접착제와는 근본적으로 화학적조성이 다른 상아질접착제는 상아질의 무기질함량⁶⁾, 수분함량^{7,8)}, 기계적성질⁹⁾ 그리고 smear 층^{10,11)}등의 요인으로 인하여 상아질과 복합레진간의 결합강도가 법랑질과 비교하여 낮게 나타난다¹¹⁾.

따라서 상아질접착제의 접착강도를 증가시키기 위하여, 친수성성분을 첨가시키고 산처리된 상아세관내부로의 침투성이 높은 레진이 이용되고 있다^{12,13}.

법랑질과 복합레진의 기계적인 결합은 사용된 레진접착제의 기계적 성질에 의해 영향을 받게 되므로, 법랑질접착제는 기계적인 강도를 유지하면서 산부식된 법랑질 표층부위로 침투성을 증진시킬 수 있는 MMA 레진계인 희석된 Bis-GMA나 TEG-DMA를 기재로 사용되고 있으며, 상아질접착제는 분자의 구조중에 친수성기가 있는 HEMA^{14,16}를 주로 이용하고, 여기에 산부식 성분과 단백질 응고성분인 glutaraldehyde 와 침투성이 크게 개선되고 기계적 성질은 크게 약화시키지않은 접착성레진이 이용되고 있다.

이와 같이 법랑질접착제와 상아질접착제는 그 용도에 있어서 접착에 필요한 피착면이 법랑질 또는 상아질에 한정되어 적응증이 다르고 또한 재료 자체의 물리적 성질과 화학적 성질이 다르게 개발되었기 때문에, 법랑질 접착제는 산부식된 법랑질에만, 그리고 상아질접착제는 상아질에만 제한적으로 사용되어야 함에도 불구하고, 수복될 와동벽의 상아질부분에만 국소적으로 상아질접착제를 도포할 경우에도 상아질접착제가 산부식된 법랑질부분에 도포 될 수 있으며, 이와 같은 경우에 산부식된 법랑질과 복합레진간의 결합은 커다란 변화가 나타나게 될 것이다. 이에 대하여 이미 Berry와 Osborne¹¹은 법랑질와동 변연부에 상아질접착제를 도포할 경우 변연적합성이 감소되고 변색이 초래되어 임상적으로는 실패의 상이 관찰되었음을 보고한바 있다.

상아질 접착제를 산부식된 법랑질에 도포하였을 경우, 상아질 접착제와 법랑질의 hydroxyapatite내의 칼슘 이온(Ca⁺⁺)간에 화학적인 결합이 일어난다는 증거는 보고된 바 없다. 일반적으로 상아질 접착제는 친수성과 상아질과의 습윤성(친화성)이 높아 상아세관내부로의 침투성이 증진되는 성질을 이용하여 접착효과를 증진시키는 방법을 이용한 제품과 상아질삭제시 형성되는 smear 층을 변화 또는 강화시켜 hybrid 층을 형성하여 미세기계적인 결합방식을 이용한 제품이 있다¹⁷. 이와같이 산부식된 법랑질에서

상아질 접착제가 도포될 경우에는 기계적 결합으로 인한 접착이 주로 일어날 것으로 사료된다.

상아질접착제는 친수성레진을 구성성분으로 하는 primer와 기존의 법랑질접착제내의 충전제 (filler)가 들어 있지 않은 저점도 레진이 주성분인 sealer로 구성되어있어, 산부식된 법랑질에 상아질접착제가 도포되는 경우에는 레진의 침투성이 크게 증가될 수 있다. 그러나 도포된 상아질접착제의 기계적인 성질이 취약할 경우에는 침투성이 증가되었음에도 불구하고 결합강도는 낮아지며, 이러한 현상은 상아질접착제의 구성요소인 primer 단독 도포된 경우와, sealer 단독 도포된 경우, 혹은 primer와 sealer를 연합하여 도포된 경우 임상에서 그 결과가 다르게 나타난다고 할 수 있다.

따라서 산부식된 법랑질에서 상아질접착제를 도포시 상아질내부로의 침투성 증가로 결합강도가 증가할 것인지 혹은 상아질접착제 자체의 취약한 기계적 성질에 의해서 결합강도가 감소될 것인지를 실험적으로 확인하는 것이 임상적으로 큰 의미를 지닌다고 생각되어 본 연구를 계획하였다.

본 연구와 관련된 연구로는 Fasbinder 외 3인¹⁸과 Zidan과 Aljabab¹⁹등이 법랑질에 도포된 상아질접착제의 결합강도를 측정하였고, Hadavi 등²⁰이 법랑질에 도포된 상아질접착제중 primer 사용에 의한 결합강도를 연구한 바 있다.

본 연구는 산부식된 법랑질에 상아질접착제를 도포하고 복합레진을 결합시켰을 때의 결합강도와 법랑질접착제를 도포한후 복합레진을 결합시켰을 때의 측정된 결합강도를 비교하고, 아울러 산부식하지 않은 활택한 법랑질에서의 상아질접착제 도포에 의한 결합강도를 확인하며, 상아질 접착제와 복합레진의 경도를 측정함으로써 기계적 성질을 비교하고, 전자현미경을 이용하여 산부식된 법랑질표층부위에 대한 레진의 침투양상을 관찰함으로써 상아질 접착제가 복합레진의 결합에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

Table 1. Enamel, dentin bonding agents, composite resin and etchant used in this study

Uses	Product Name	Primer	Sealer	Batch Numbers	Manufacturer
DBA	Gluma	HEMA Glutaraldehyde	Bis-GMA TEG-DMA	*P : 0395F #S : 0395F	Bayer Dental, W.Germany
DBA	Prisma	PENTA HEMA Ethanol	TEG-DMA PENTA Glutaraldehyde Camphoroquinone	*P : 090189 #S : 091889	Dentsply, U.S.A.
DBA	Scotchbond 2	Maleic acid HEMA Water	BIS-GMA HEMA	*P : OHY #S : 1EL	3M, U.S.A.
EBA	New-bond	Bis-GMA, HEMA, MDP		Cat:785 Uni:892	Kuraray, Japan
Composite Resin	Photo clearfil bright	Bis-GMA		1316	Kuraray, Japan
Acid-Etching	K-etchant	37% H ₃ PO ₄		593	Yakuri Pure Chemicals, Japan

* P : Primer
S : Sealer

HEMA : 2-hydroxyethylmethacrylate
 Bis-GMA : bisphenol A glycidyl methacrylate
 PENTA : phosphonated penta-acrylate ester
 TEG-DMA : triethylene-glycol-dimethacrylate
 MDP : 10-methacryloyloxy decyldihydrogen phosphate

본 연구에서 실험대상으로 364개의 우치아 (bovine tooth)의 중절치 법랑질을 이용하였으며, 이 중 전단결합강도측정용으로 320개, 경도측정용으로 40개, 산부식후 법랑질표층부로 침투된 레진층의 관찰용으로 4개를 사용하였다. 법랑질 표면의 부식용액으로 37%의 인산(phosphoric acid, Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Japan)을 이용하였다. 법랑질 접착제는 New-Bond(Batch number: Catalyst-785, Universal-892, Kuraray co.,Ltd., Japan) 1종을 사용하였고, 상아질 접착제는 Gluma, Prisma, Scotchbond 2의 3종을 이용하였다. 모든 상아질 접착제는 primer와 sealer로 구성되어 있는 것을 사용하였으며, 각각의 법랑질 및 상아질 접착제 구성 재료의 주요성분과 복합레진은 Table 1에 표시한 바와 같다. 법랑질 표면에 각종 접착제를 도포한 위에 결합시킨 복합레진으로서 Photo clearfil bright (Batch number 1316, Kuraray co., Ltd., Japan) 광중합형 복합레진을 이용하였다.

2. 실험방법

실험 A: 전단결합강도측정

1) 법랑질 시편제작

총 320개의 소 중절치의 치근을 제거한후 잔존치관부를 내경 2.4 cm, 높이 2 cm 의 고무몰드내에 치아의 순측 법랑질이 접촉되도록 위치시키고, 에폭시 레진(Epon(TM), Epon Chemical Co., Korea)을 고무몰드내에 주입 경화시켜 치아를 레진 블럭내에 포매되도록 하였다. 레진블럭내에 포매한 치아의 법랑질이 노출되도록, 경조직 연마기(Grinder-polisher, Buehler UK LTD., England)에서 320번 사포로 마모시켜, 평활면이 되도록 한후 400번, 600번, 800번, 1000번, 1200번, 그리고 1500번 SiC의 순으로 주수하에 순차 연마후 산화알루미늄(Al₂O₃)로 최종 연마하여, 활택한 법랑질 표면이 되도록 하였다. 완성된 법랑질 시편은 실험에 사용전 까지 4℃의 증류수에 보관하였다.

2) 실험군의 분류

제작된 320개의 시편중 100개는 산부식처리하지않은 ① 군의 시편으로, 나머지 220개는 산부식처리한 ② 군의 시편으로 하여 다음과 같이 분류하여 실험을 실시하였다.

① 군 : 산부식하지 않은 법랑질에 대한 전단결합강도측정

법랑질 표면을 산부식하지 않았을 경우, 법랑질접착제와 상아질 접착제의 이용에 의해서 복합레진의 결합강도가 증가할 수 있는가를 확인하기 위하여 Table 2와 같이 5개의 실험군으로 분류하였다.

법랑질을 산부식하지않은 ① 군의 100 개의 법랑질시편을 1개의 실험군당 20 개씩 5 개군으로 분류하여, UC군은 산부식 하지 않고 직접 복합레진을 결합시켜 ① 군의 대조군으로 하였으며, UN군은 법랑질 접착제를 도포 한후 복합레진을 결합시킨 군이었다. UG, UP, US군은 상아질 접착제를 도포한 후 복합레진을 결합시킨 군

이며, UG군에는 Gluma를 도포하였으며, UP군에는 Prisma를 도포하였고, US군에는 Scotchbond 2를 도포하였다. 상아질 접착제의 도포시에는 primer와 sealer를 제조회사의 지시에 준하여 도포하였다.

② 군: 산부식한 법랑질시편에 대한 전단결합강도측정

산부식한 법랑질에 대한 복합레진의 결합강도에 법랑질 접착제와 상아질 접착제가 미치는 영향을 확인하기 위해서 Table 2 과 같이 11개의 실험군을 구성하였다. 활택한 표면이 되도록 연마한 총 220개의 법랑질 시편을 37% 인산용액으로 1분간 산부식하고 20초간 수세후 1분간 건조하여 실험에 사용하였다. 총 220개의 법랑질 시편을 각 실험군당 20개씩 분류하여 제작된 11개의 실험군에는 각각, EC, EN, EGP, EGS, EGPS, EPP, EPS, EPPS, ESP, ESS, ESPS 의 코드를 부여하였다. EC군은 산부식후 직접 복합레진을 접착시켜 ② 군의 대조군으로 하였고, EN군은

Table 2. Experimental groups designed to evaluate the effect of enamel and dentin bonding agents on the shear bond strengths of a composite resin to conditioned enamel surfaces

Group	Code of Subgroups	Condition of enamel surfaces	Enamel bonding agent	Dentin bonding agent	Composite resin
①	UC	Polished and Unetched	-	-	Photo clearfil bright
	UN		New-Bond	-	
	UG		-	Gluma	
	UP		-	Prisma	
	US		-	Scotchbond 2	
②	EC	Etched with 37% H ₃ PO ₄	-	-	
	EN		New-Bond	-	
	EGP		-	Gluma P	
	EGS		-	Gluma S	
	EGPS		-	Gluma P/S	
	EPP		-	Prisma P	
	EPS		-	Prisma S	
	EPPS		-	Prisma P/S	
	ESP		-	Scotchbond2 P	
	ESS		-	Scotchbond2 S	
	ESPS		-	Scotchbond2 P/S	

P : primer
S : sealer

산부식후 법랑질 접착제 New-bond를 도포하고 복합레진을 접착시킨 군이며, 나머지 실험군들은 상아질 접착제를 도포한 뒤 복합레진을 결합시킨 군으로서 EGP군은 Gluma 상아질 접착제의 primer 만 도포한 후 복합레진을 결합시킨 것이고, EGS군은 Gluma 상아질 접착제의 sealer 만 도포 후 복합레진을 결합시킨 것이며, EGPS군은 Gluma 상아질 접착제의 primer와 sealer를 모두 도포한 후 복합레진을 결합시킨 것이다. 이와 마찬가지로 EPP군은 Prisma 상아질 접착제의 primer 만, EPS군은 Prisma 상아질 접착제의 sealer 만, 그리고 EPPS군은 Prisma 상아질 접착제의 primer와 sealer 모두 도포한 뒤 복합레진을 결합시킨 실험군들이다. ESP군은 Scotchbond 2 상아질 접착제의 primer를, ESS군은 Scotchbond 2 상아질 접착제의 sealer를, 그리고 ESPS군은 Scotchbond 2 상아질 접착제의 primer와 sealer를 도포한 후에 복합레진을 결합시킨 것이다.

Sealer의 도포후에는 가시광선 조사기(Heliomat Type H2, Vivadent, Lichtenstein)로 60초간 광조사후 복합레진(Photo clearfil bright)을 결합시켰다.

3) 복합레진의 결합

① 군의 5개 실험군과 ② 군의 11개의 실험군의 법랑질 시편을 표면 처리한 후 복합레진을 결합시킬 경우 내경 4 mm, 깊이 1 mm의 고무몰드를 법랑질 표면에 부착하여 복합레진이 충전될 수 있는 공간으로 이용하였다. 부착된 고무내에 복합레진을 주입충전하고 고무몰드의 상면을 셀로판지와 유리판으로 덮고 수지압으로 복합레진의 윗면이 평탄하도록 한 후, 60초간 광조사 하여 경화시켰다. 법랑질과 복합레진이 결합된 시편은 전단 결합강도 측정전 37 ± 1℃의 증류수내에서 24시간 침지 보관하였다.

4) 전단 결합 강도의 측정

법랑질과 상아질접착제간의 전단결합강도측정은 전단 결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하고 만능강도 시험기(Instron 4467, USA)에서 분당 1mm의 속도로 압축하중을 가하여 법랑질로

부터 상아질접착제의 분리시에 나타난 최대 분리하중을 구하여 다음 공식에 의해 전단결합강도를 구하였다.

$$\text{Shear bond strength (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{T}{\pi r^2}$$

T : Maximum load (kgf)

r : Radius of specimen (cm)

실험 B : 경도 측정

1) 시편제작

경도측정용 시편제작을 위하여 총 40개의 법랑질표면을 1500번 SiC연마지와 산화알루미늄(Al₂O₃)를 이용하여 고도의 활택한 표면을 형성한 후, 내경 4mm, 높이 1mm의 고무몰드를 활택하게 연마된 법랑질의 표면에 부착시켰다. 그 후 직접 복합레진을 충전하고 상면을 셀로판지와 유리판으로 압접하고, 60초간 광조사하여 복합레진을 경화시켜 CH군으로 정하였다. 또 상기와 동일한 방법으로 활택한 법랑질 시편을 마련하여 GH군은 Gluma를, PH군은 Prisma를, 그리고 SH군은 Scotchbond 2를 법랑질의 표면에 도포하고 복합레진을 CH군과 동일한 방법으로 결합시켰다(Table 3).

Table 3. Experimental groups designed for the comparison of Vicker's Hardness Numbers of dentin bonding agents with composite resin

Codes of experimental groups	Materials
CH	Photo clearfil bright
GH	Gluma
PH	Prisma
SH	Scotchbond 2

2) 경도 측정방법

법랑질과 복합레진이 결합된 시편을 37±1℃ 증류수에 24시간 동안 침지시킨 후 법랑질과 복

$$\text{Vicker's Hardness} = \frac{2P \sin \theta/2}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2}$$

Hv : Vicker's Hardness (kg/mm²)
P : Load (gm)
d : Mean value of the diagonals of the indentation (mm)
θ : Angle between the opposite faces at the vertex of diamond indenter(136°)

합레진 시편을 만능강도시험기로 파단시켜 분리된 표면에 노출된 상아질 접착제와 복합레진의 표면경도를 미세 비커스경도 측정기(MHT-1, Matsuzawa, Japan)로 측정하였다. 경도의 측정시 하중은 25 gm으로 하였고 하중시간은 10초로 하여, 피라미드 형태의 다이아몬드 입자로 레진과 상아질 접착제의 표면에 정사각형의 압흔이 형성되도록 하여 아래의 공식에 의거하여 경도값을 산출하였다.

측정된 결합강도와 경도는 ANOVA 테스트를 이용하여, 실험군간의 유의성을 검정하였고, 등급은 Duncan's multiple range test 로 결정하였다.

실험 C : 산부식된 법랑질에 대한 레진의 침투양상 관찰

우치법랑질의 표면을 1500번 SiC연마지와 산화알루미나(Al₂O₃)로 활택하게 연마하고, 37% 인산 용액으로 60초간 산부식한 후 수세와 건조

를 행하여 4개의 법랑질 시편을 마련하였다. 1개의 법랑질 시편에는 상아질 접착제를 도포하지 않고 직접 복합레진을 결합시켰으며, 나머지 3개의 산부식된 법랑질 시편에는 각각 Gluma, Prisma, Scotchbond 2 상아질 접착제를 도포한 후 복합레진을 결합시켰다. 복합레진의 경화를 위한 광조사 시간은 60초로 하였다. 복합레진이 중합 24시간이 경과한 후에 염산(HCl, Yakuri pure chemicals Co.,LTD., Japan) 용액내에 법랑질과 레진이 결합된 상태의 시편을 침지하여 법랑질 부분이 용해되도록 하여, 법랑질표층으로 침투 경화된 레진침투층이 노출되도록 하였다.

그 후 레진 시편을 꺼내어 수세하고 즉시 임계점 온도 건조기(HCP-2 Hitachi co., Japan)에서 건조후, 이온 증착기(IB-3 ION coater Eiko Co., Japan)로 금증착하여, 전자현미경(S-2300, Hitachi Co., Japan)으로 레진 침투양상을 관찰하였다.

III. 실험성적

실험 A : 전단결합강도 측정

1) ① 군(산부식하지 않은 군)의 법랑질에 대한 전단결합강도

법랑질의 표면을 산부식하지 않은 경우, 법랑질 접착제와 상아질 접착제의 도포에 의한 결합강도의 결과는 Table 4 와 Fig.1과 같다.

Table 4. Shear bond strengths of bonding agents on un-etched enamel surfaces

Codes of experimental subgroups	Bonding agents	Shear bond strengths (kgf/cm ²)				Coefficient of variation (%)
		Mean	S.D.	Ranges		
				Min	Max	
UC(Control)	-	19.59	8.70	7.96	- 29.46	44.43
UN	New-Bond	159.24	45.32	125.00	- 278.67	28.46
UG	Gluma	33.60	11.09	13.54	- 50.16	33.02
UP	Prisma	43.79	15.36	26.27	- 79.62	35.09
US	Scotchbond-2	48.33	18.20	27.87	- 85.19	37.66

Means linked by vertical lines were not significantly different at the 95 % confidence level tested by Duncan's Multiple Rangs Test

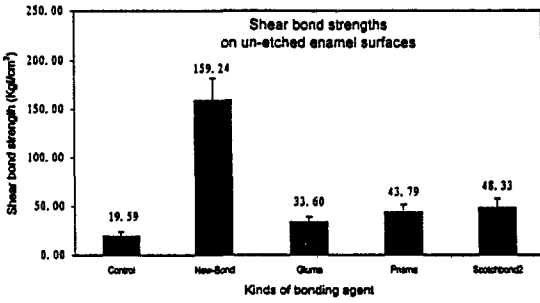


Fig. 1. Comparison of shear bond strengths of bonding agents on un-etched enamel surfaces of four experimental groups In Group ①. Slight increase of shear bond strengths were occurred by dentin bonding agents

① 군에서 법랑질의 표면을 산부식하지 않고, 직접 복합레진을 결합시킨 대조군(UC군)은 19.59 kgf/cm²의 매우 낮은 결합강도를 나타내었다. 법랑질 접착제를 도포한 UN군은 산부식하지 않은 법랑질에서도 현저히 높은 결합강도인 159.24 kgf/cm²를 보였다. 상아질 접착제의 도포에 의해서는 직접 복합레진을 결합시킨 경우에 비하여 결합강도가 다소 증가되어, UG군이 33.60 kgf/cm², UP 군이 43.79 kgf/cm², US 군이 48.33 kgf/cm²의 결합강도를 나타내었다. 그러나 Table 4에서와 같이 Duncan's multiple range test 결과 UG군과 UP군 US군 사이에는 p=0.05 수준에서 유의차가 없었고, UC군과 US군 사이에서는 유의한 차이가 있었다. Table 4의 결합강도의 결과를 복합레진으로만 결합시킨 UC군, 법랑질 접착제를 도포한 UN군과 상아질 접착제를 이용한 UG, UP 및 US등을 종합하여 나타난 결합강도의 평균치를 비교한 것이 Fig.2이다. 복합레진단독으로 결합시킨 대조군(UC군)의 경우는 19.59 kgf/cm²의 결합강도를 보인 반면, 법랑질 접착제를 이용한 UN군의 경우는 159.24 kgf/cm²로 결합강도가 크게 증가하였고, 상아질 접착제를 사용한 경우의 평균 결합강도는 41.91 kgf/cm²로 결합강도가 증가하였으나 복합레진으로만 결합시킨 대조군의 경우와는 통계학적 유의차는 없었다.

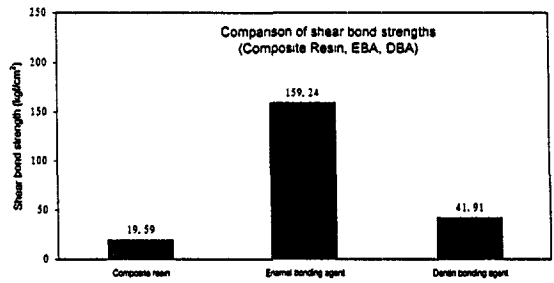


Fig. 2. Comparison of shear bond strengths of composite resin, enamel bonding agent (New-bond), and dentin bonding agent (Gluma, Prisma, Scotchbond-2) to un-etched enamel(Group ①). By the use of dentin bonding agent, shear bond strengths were increased slightly. But there were no statistical significances.

2) ② 군 (산부식한 군)의 법랑질에 대한 전단결합강도

② 군에서 산부식한 법랑질에 복합레진만으로 결합시킨 대조군인 EC군과, 법랑질 접착제를 이용한 EN군 그리고 상아질 접착제 구성요소 중 primer 단독 도포한 EGP, EPP, ESP군 및 sealer만 단독 도포한 EGS, EPS, ESS군, primer와 sealer를 모두 이용한 EGPS, EPPS, ESPS군의 경우에서 나타난 결합강도는 Table 5와 Fig.3과 같다.

산부식한 법랑질에 복합레진만으로 결합시킨 EC군은 172.54 kgf/cm²의 결합강도를 나타내었으나, 법랑질 접착제를 이용한 EN군에서는 235.52 kgf/cm²로 결합강도가 증가되었다. 상아질 접착제를 산부식한 법랑질에 도포하고 복합레진을 결합시킨 경우중 primer 단독 도포한 경우 결합강도의 감소를 나타내었는데, Gluma의 경우; primer 단독 도포한 EGP 군의 결합강도는 170.39 kgf/cm²로 낮았고 sealer 단독 도포한 EGS 군은 185.59 kgf/cm²로 증가하였으며, primer와 sealer를 모두 도포한 EGPS군에서는 231.69 kgf/cm²로 결합강도가 현저히 증가하였다. Prisma의 경우; primer 단독 도포한 EPP군은 136.07 kgf/cm²로 결합강도가 낮았으며, sealer

Table 5. Shear bond strengths of bonding agents to etched enamel surfaces in Group ②

Codes of experimental subgroups	Bonding agents	Shear bond strengths (kgf/cm ²)				
		Mean	S.D.	Ranges		Coefficient of variation (%)
				Min	Max	
EC (Control)	-	172.54	30.38	124.21 - 234.08		17.61
EN	New-Bond	235.52	26.61	189.50 - 283.45		11.30
EGP	Gluma	170.39	28.50	134.56 - 230.90		16.72
EGS		185.59	36.60	99.53 - 236.47		19.72
EGPS		231.69	59.39	103.51 - 298.58		25.63
EPP	Prisma	136.07	33.86	84.40 - 202.23		24.89
EPS		224.61	33.42	156.85 - 293.00		14.88
EPPS		180.82	27.22	146.50 - 230.10		15.05
ESP	Scotchbond 2	149.53	45.13	56.53 - 203.03		30.18
ESS		203.43	36.45	127.34 - 253.99		17.92
ESPS		240.21	27.88	191.09 - 274.69		11.61

* Mean links by vertical lines were not significantly different at the 95% confidence level tested by Duncan's Multiple Range Test

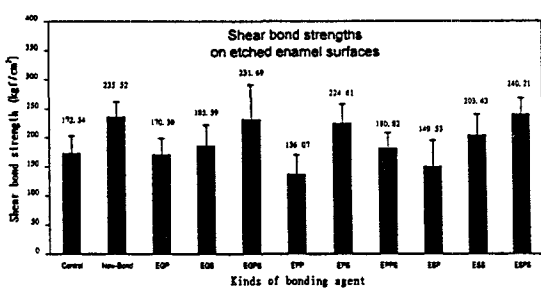


Fig. 3 Shear bond strengths obtained on acid etched enamel surfaces of 11 experimental subgroups in Group ②

단독 도포한 EPS군은 224.61 kgf/cm² 로 결합강도가 매우 높았으나, primer와 sealer를 모두 도포한 EPPS군은 결합강도가 180.82 kgf/cm² 로 다소 낮아졌다. Scotchbond 2 경우는 Gluma를 사용한 경우와 유사한 양상을 나타내어 Primer 단독 도포시 149.53 kgf/cm², sealer 단독 도포하였을 경우 203.43 kgf/cm², 그리고 primer와 sealer를 모두 도포시는 240.1 kgf/cm² 로 가장 큰 결합강도를 나타내었다. Fig.4는 ② 군의 모든 실험군의 결합강도를 크기순으로 비교한 것이며, Dun-

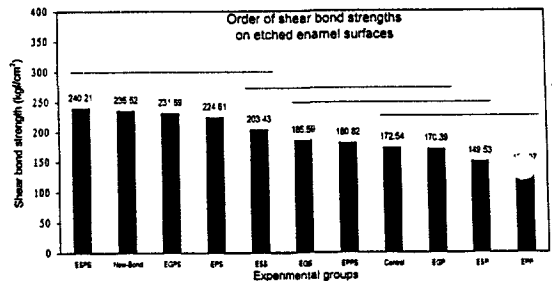


Fig. 4. Descending order of Shear bond strengths of 11 experimental subgroups in Group ② Means linked by horizontal lines were not significantly different at the 95% confidence level tested by Duncan's Multiple Range Test

can's multiple range test 의 결과에 따른 등급을 나타낸 것이다. 최대 결합강도는 Scotchbond 2의 primer와 sealer를 모두 사용한 경우이며, 가장 결합강도는 Prisma의 primer 단독 사용한 경우였다.

Primer 단독 도포한 경우에는 복합레진 자체만으로 결합시킨 경우와는 통계학적으로 유의한 차

이는 없었으나, 범랑질 접착제를 사용한 군에 비해서는 유의하게 낮은 결합강도를 나타내었다.

Fig.5는 세가지 종류의 상아질 접착제의 평균 결합강도를 비교한 것으로서 상아질 접착제의 종류에 따른 차이가 미약함을 나타내고 있다. Gluma의 경우는 평균 결합강도가 195.89 kgf/cm² primer 단독 사용하는 경우가 151.99 kgf/cm² 로 가장 낮은 결합강도를 나타내었고, sealer 단독 사용시 204.54 kgf/cm² 를 그리고 primer 와 sealer 를 모두 연합하여 사용하는 경우가 217.58 kgf/cm² 로 가장 높은 결합강도를 나타내었다.

Table 6. 은 상아질 접착제의 사용에서 상아질 접착제의 종류와, 사용방법 두가지 요인에 대한 이원 변량 분석 결과이다. 그 결과에 따르면 상였고, Prisma의 경우는 180.50 kgf/cm² 이었으며, Scotchbond 2에서는 197.72 kgf/cm² 로 나타나고 있다.

Fig.6은 3종의 상아질 접착제의 primer와 sealer 또는 primer사용후 다시 sealer를 연합사용

한 후 나타난 접착결합강도를 표시한 그림이다. 아질 접착제의 종류에 따른 요인에 비해 상아질 접착제의 사용방법에 따른 요인이 통계학적 영향력을 보이는 것으로 나타나 있다.

실험 B : 경도 측정

우치범랑질과 복합레진간의 결합에대한 상아질 접착제의 표면경도에 따른 접착효과를 관찰하고자 접착부위를 파단시킨 후 상아질 접착제와 복합레진의 표면경도를 측정 한 결과는 Table 7 과 Fig.7과 같다. 복합레진(CH군)의 경도는 99.01 kgf/mm² 로 높게 나타났다. Gluma(GH군)에서는 76.92 kgf/mm², Prisma (PH군)에서는 67.37 kgf/mm², 그리고 Scotchbond 2(SH군)에서는 70.49 kgf/mm² 로 나타났으나 GH, PH, SH 군간에는 통계학적 유의차가 없었다.

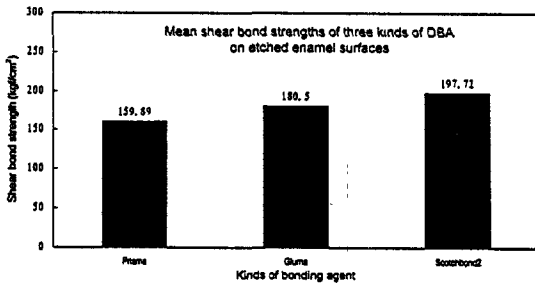


Fig. 5. Comparison of mean shear bond strength of three kinds of dentin bonding agents.

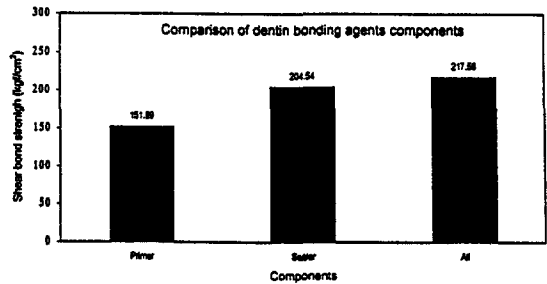


Fig. 6. Comparison of mean shear bond strength of each components of dentin bonding agents. Primer showed the lowest shear bond strength.

Table 6. Result of Two-way ANOVA test

Source of Variation	Sum of Squares	DF	Mean Square	F	Signif of F
Main Effects	77690.127	4	19422.532	12.266	.000
Kinds of dentin bonding agents	5369.668	2	2684.834	1.696	.190
Kinds of components	72320.459	2	36160.229	22.837	.000
2-way Interactions	28868.093	4	7217.023	4.558	.002
Dentin bonding agent / components	28868.093	4	7217.023	4.558	.002
Explained	106558.220	8	13319.778	8.412	.000
Residual	128256.607	81	1583.415		
Total	234814.827	89	2638.369		

Table 7. Vicker's Hardness Numbers measured in four experimental groups

Group	Bonding agents applied	VHN (kgf/mm ²)				
		Mean	S.D.	Ranges		Coefficient of variation (%)
				Min	Max	
CH	-	99.01	21.05	57.90 -	138.40	21.26
GH	Gluma	76.92	31.22	30.20 -	149.70	40.59
PH	Prisma	67.37	22.91	37.80 -	111.80	34.01
SH	Scotchbond 2	70.49	7.99	61.80 -	85.40	11.33

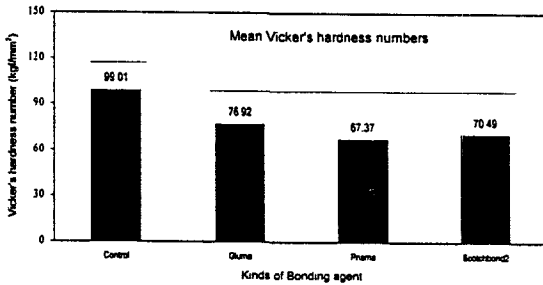


Fig. 7. Comparison of mean Vicker's hardness numbers. Between kinds of dentin bonding agents, there were no significant differences.

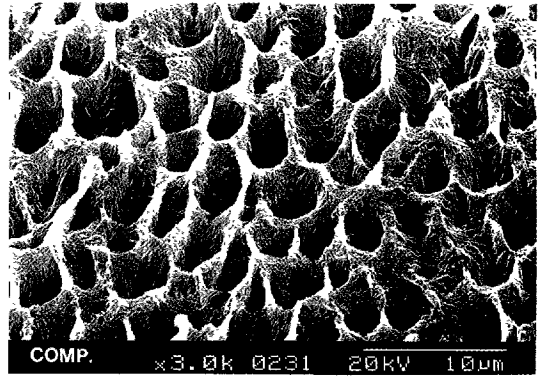


Photo.1. Typical resinous tag for composite resin (X 3000)

실험 C . 산부식된 법랑질표층부의 레진 침투 양상의 관찰

Photo.1은 산부식된 법랑질 표면으로 침투되었던 복합레진의 결합부위로서 예리한 돌기 모양의 레진 침투층을 나타내고 있다. 반면 photo.2는 Gluma의, photo.3은 prisma의, 그리고 photo.4는 Scotchbond 2의 침투양상으로서 세종류의 상아질접착제가 점도가 낮아 산부식된 법랑질의 깊은 미세한 부위까지 침투하였기 때문에 섬유상과 같은 레진침투상으로 보이고 있다. Photo.5와 Photo. 6은 Gluma 와 Scotchbond 2의 레진침투층을 6000배로 관찰한 것으로 전반적으로 상아질 접착제를 사용한 경우에서 복합레진만 사용한 경우보다 레진의 침투깊이가 더욱 크게 나타났다.

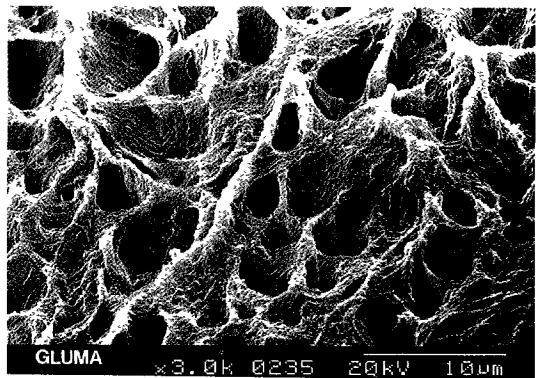


Photo.2. Infiltration pattern of Gluma bonding agent into etched enamel(X 3000)

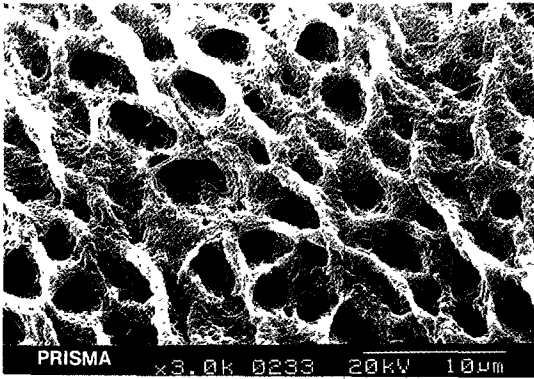


Photo.3. Infiltration pattern of Prisma bonding agent (X 3000)

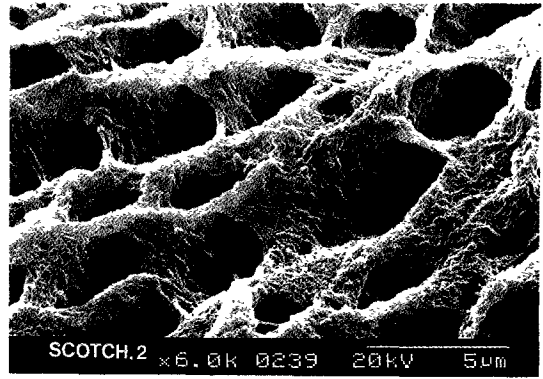


Photo.6. Infiltration pattern of Scotchbond 2 bonding agent(X 6000)

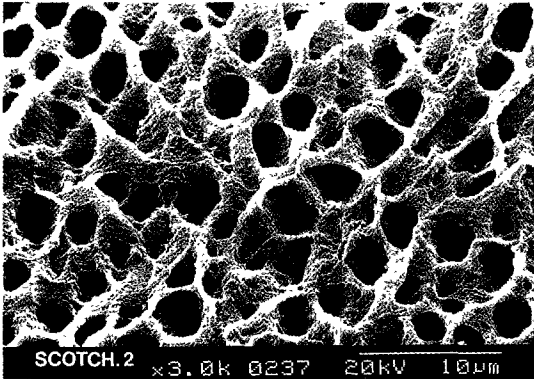


Photo.4. Infiltration pattern of Scotchbond-2 bonding agent (X 3000)

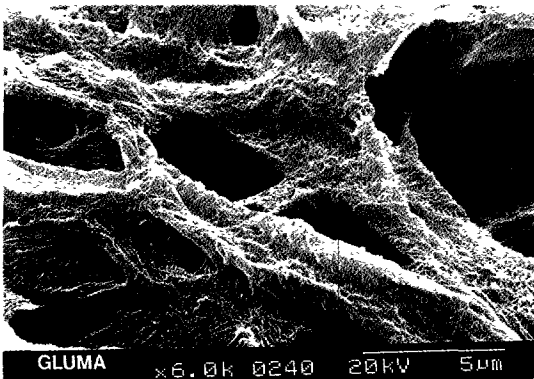


Photo.5. Infiltration pattern of Gluma bonding agent (X 6000)

IV. 총괄 및 고안

현재 널리 사용되고있는 복합레진은 심미성과 치질과의 결합강도가 향상되어 보존치료에서 충전재료의 대부분을 차지하고 있다. Buonocore⁴⁾가 레진의 범랑질에 대한 접착효과를 증가시키기 위하여 범랑질산부식법을 소개한 이래 레진의 범랑질에대한 기계적 결합력이 증가되어, 보존치료에서 접착성수복재의 획기적인 발전이 거듭되고 있다.

만약에 접착성수복재가 치아경조직과 화학적으로도 결합될 수 있다면 그 결합은 완벽하다고 할 수 있다. 이러한 치아경조직과의 화학적 결합을 목적으로 개발된 것이 상아질접착제이며 이들은 치아경조직(상아질)을 구성하는 유기성분인 콜라겐과도 결합할 수 있다고 알려져 있다.

그러나 친수성성분과 소수성성분으로 구성된 상아질접착제를 대부분 무기성분으로 구성된 범랑질부위에 사용될 경우, 그 효과를 예견하기는 어렵다. 즉 상아질 접착제를 구성하고 있는 primer와 sealer의 화학적 성분은 상아질 표면의 수분성분과 결합을 유도하는 친수성기와 산부식된 상아질 내부로의 침투성을 증가시키기 위하여 점도가 조절되어 있으며 이와 더불어 접착이 이루어져 경화후에는 수분에 의한 용해 또는 파괴를 방지하기 위한 소수성 성분으로 구성되어 있다. 따라서 무기질로 구성되어 있는 범랑질부위에 상아질접착제를 사용하였을 경우 그 결과를

관찰하여 임상에서 유용하게 사용할 수 있도록 하는것이 중요하다.

본 연구에서는 우치의 법랑질을 사용하여 표면 산부식여부에 따른 복합레진의 법랑질부위에 대한 상아질접착제의 접착효과를 평가하기 위하여, 실험 A에서는 산부식하지않은 ① 군과 산부식한 ② 군으로 분류하여 법랑질표면에 법랑질 및 3종의 상아질접착제를 도포하고 복합레진을 접착시켜 결합강도를 측정 비교하였으며, 실험 B에서는 상아질접착제를 도포하고 복합레진을 결합시킨후 파단하여 파단면의 상아질 접착제와 복합레진의 표면경도를 측정 비교하였다. 또 실험 C에서는 산부식된 법랑질표층부로의 상아질접착제의 침투양상을 관찰하였다.

상아질접착제중 primer를 단독 도포한 경우에는 현저히 낮은 결합강도를 나타내고 있는 반면, sealer를 단독 도포한 경우에는 비교적 높은 결합강도를 나타내고 있다. 이는 Table 1에서 나타난 바와 같이 sealer의 경우 기질인 Bis-GMA에 저점도의 TEG-DMA를 주로 이용하고 있었기 때문에 법랑질접착제와 동일한 역할을 할 수 있어 높은 결합강도를 나타낸 것으로 사료되며, 반면 primer는 HEMA를 주성분으로 하고 있어 법랑질 표면에 도포되면 매우 빠른 속도로 산부식된 법랑질 표층으로 침투될 수 있으나 실제로 침투도가 낮아 충분한 결합강도를 나타내지 못한 것으로 생각된다. 따라서 primer를 도포 한 후 침투성이 우수한 저점도 sealer를 함께 도포하고 복합레진을 결합시킨 경우에는 충분히 높은 결합강도를 나타낼 수 있었다(Table 5). Chen 외 2인²¹⁾과 Hormati 외 2인²²⁾등도 sealer와 물리적 성질이 유사한 unfilled 레진을 이용하였을 경우 도포조건이 결합강도에 미치는 영향을 연구보고한 바 있다.

상아질접착제중 primer를 법랑질부위에 단독으로 도포하여 법랑질 접착제를 사용한 경우와 비교하여 31% 내지 44% 결합강도가 감소되는 결과가 Hadavi 외 4인 등²⁰⁾에 의해서도 보고된 바 있다. 또 상아질접착제는, 복합레진을 결합시키기 전에 미리 중합시키는가의 여부에 따라, 결합강도가 영향을 받을 수 있다고 생각할 수 있으나, Yamaguchi 외 2인²³⁾은 이와 같은 요인에 의

해 결합강도가 통계학적 유의차를 나타내지 않는다고 하여 본 연구에서는 실험대상에서 제외하였다.

한편 본 연구에서 실험 A의 산부식한 EN군에서는 235.52 ± 26.61 Kg/cm², 산부식하지 않은 UN군에서는 159.24 ± 45.52 Kg/cm²으로 유사한 결합강도를 나타낸것은 실험 A에서 사용된 법랑질접착제인 New-bond내에는 MDP가 포함되어 있어 친수성성분과 소수성성분이 함께 포함되어 있으므로 점도가 낮아 습윤성이 증가되어 법랑질표층부로의 침투성이 양호하고 일단 중합 경화된 후에는 수중에 침지하여도 결합강도가 감소되지 않기때문인 것으로 사료된다.

또 본연구의 Table 4, 5에 나타난 실험 A의 큰 표준편차는 소치아의 법랑질 부위에 균일하지 않게 존재하는 두꺼운 표층 무구조층 때문에 산용액에 대한 용해도가 차이가 나게되며, 이로 인해 미세한 요철부위가 일정하지 않아서 나타나는 것으로 사료된다.

이와같은 결과로 법랑질접착제와 상아질접착제의 법랑질 표층부근의 침투깊이가 차이가 날 수 있고 결국 결합강도에도 영향을 미칠 수 있으므로 앞으로 균일한 법랑질의 시편제작에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

한편 본 연구 실험 A의 ② 군에서 상아질접착제의 primer와 sealer를 모두 사용한 경우에는 법랑질접착제를 이용한 경우와 유의차가 없는 충분한 결합강도를 나타내었으나(Table 5), Berry와 Osborne¹⁾의 2 년간에 걸친 임상보고에서는 상아질접착제가 법랑질와동의 와벽에 도포된 경우 변연적합성의 감소와 변색을 임상적으로 관찰하여, 본 연구의 결과와 상반되는 견해가 보고되고 있다. 그러나 이들의 연구에서 나타난 변연누출로 인한 변색은 심한 정도는 아니라고 보고하였다.

그러나 본 실험 A에서는 단지 1일간의 실험기간에서 결합강도를 측정하였으므로 구강내에서 장기간 사용 될 경우 상아질접착제의 가수분해에 의한 결합의 파괴 가능성도 예상된다. Fasbinder 외 3인¹⁸⁾은 산부식된 법랑질에 결합시킨 모든 상아질접착제의 결합강도가 6개월 후에는 통계학적으로 유의하게 감소하였음을 보고하였

지만, Gendusa²⁴⁾는 상아질접착제 성분의 가수분해가 일어나지 않는다고 보고하였다.

본 실험 A, B에서는 상아질 접착제중 3종의 접착제만을 대상으로 하였으며, primer의 성분으로는 HEMA를 그리고 sealer 성분으로 Bis-GMA와 TEG-DMA를 이용한 것을 대상으로 하였다. 따라서 재료간 결합강도의 차이는 매우 작은 것으로 나타났으나, 반면 상아질접착제의 구성요소중 primer 또는 sealer도포 여부가 결합강도에 영향을 주는 것으로 나타났다. Hadavi 외 4인²⁰⁾의 연구에서도 사용된 상아질 접착제간의 결합강도 차이는 없는 것으로 보고되었다. Fig. 4에서 상아질접착제간의 비교에서는 Prisma 상아질접착제를 사용한 경우 다소 낮은 결합강도를 보이는 것으로 나타나 있다. 이는 Prisma의 primer내에는 알코올(에타놀)성분이 첨가되어 있어 범랑질표면을 이물질로서 오염시킨 것으로 생각할 수 있으나, Takahashi 외 2인²⁵⁾은 산부식된 범랑질 표면에 에타놀의 도포는 결합강도에 영향이 없다고 보고한 바 있으며, 본 연구에서도 통계학적 유의성은 없었다. Zidan과 Aljabab¹⁹⁾이 범랑질에 상아질접착제를 도포한 후 결합강도를 측정 한 결과에서는 Scotch bond를 사용할 경우 17.4 Mpa의 결합강도를 나타냈고, Gluma를 사용한 경우 20.7 MPa를 나타낸 반면, Prisma는 12.6 MPa로 현저히 낮은 결합강도를 보고한 바 있다. 이들의 연구에서는 New-Bond가 20.7 MPa의 결합강도를 나타내어 상아질접착제를 사용한 경우의 결합강도와 유사한 것으로 보고하여 본 연구의 결과와 일치하고 있다.

Fig.3, 4에서 세가지 상아질접착제를 사용한 각각의 경우중 최대결합강도를 보인 실험군(ESPS, EGPS, EPS)들은 반드시 sealer가 이용되었으며, 이들의 최대 결합강도는 거의 유사한 수치였다. 이와같은 결과는 sealer가 산부식된 범랑질과 복합레진의 기계적인 결합에 주도적인 역할을 한다는 것을 의미한다고 사료된다. 상아질접착제의 결합강도 측정시 나타나는 파절은 sealer 부분에서 발생된것이므로, 결합강도가 결국 sealer의 기계적 성질에 의해 결정되기 때문에 sealer를 사용한 경우 각군들의 결합강도가 유사한 수치로 나타난 것으로 사료된다.

Fig.7에서는 세가지 상아질 접착제의 경도가 재료의 종류에 따른 통계학적 유의차가 없는 것으로 나타났다. Boyer외 2인²⁶⁾은 범랑질과 복합레진간의 결합강도는 복합레진의 기계적 성질에 의해 결정 된다고 하였고, Perinka 외 2인²⁷⁾은 상아질의 경도 역시 결합강도에 영향을 미친다고, Retief⁵⁾는 복합레진과 접착제간의 기계적 성질에 의해서 결합강도가 결정된다고 하였으며, 특히 광중합형 복합레진의 결합강도는 레진의 경도로 표현된 기계적 성질에 의해 영향을 받는다고 Schulein 외 2인²⁸⁾이 주장한 바 있다.

복합레진 단독으로 범랑질에 접착한 시편(Photo.1)과 비교하여 3가지 상아질 접착제를 이용한 경우(Photo2-6) 더욱 깊게 범랑질표층에 침투된 상을 나타내고 있으며, 이와 같은 침투양상은 향후 약화된 범랑질의 강화에도 응용될 수 있을 것으로 생각되었다²⁹⁾. 그러나 본 연구에서 이론적으로는 우수한 침투도에 비하여 결합강도가 기대한 것 만큼 증가하지않은 것은(Table 5, Fig. 3) sealer의 조성이 충전재(filler)를 포함하고 있지 않고 구성성분이 Bis-GMA이외에 저점도의 TEG-DMA와 HEMA, glutar-aldehyde등이 포함되어 있어 sealer의 기계적 성질이 다소 약하기 때문으로 사료되었다. 이와 같이 침투도의 증가에 의해 결합강도가 반드시 증가하지 않는다는 것은 Retief 와 Woods³⁰⁾에 의하여 이미 보고된 바 있다.

또 범랑질 접착제를 사용한 경우(EN군)와 상아질 접착제 중 Gluma의 primer와 sealer를 모두 도포한 경우 (EGPS군), Prisma의 sealer만 도포한 경우 (EPS군), Scotchbond 2의 sealer만 도포한 경우 (ESS군)와 primer와 sealer를 모두 도포한 경우 (ESPS군)에서는 통계학적으로 유사하고 우수한 결합강도를 보여, 상아질 접착제인 primer의 임상적용에 주의가 요망되었다.

Table 4 와 Fig.1에 있는 것과 같이 활택한 범랑질표면에 복합레진을 직접 결합시킨 경우와 상아질접착제를 도포하고 복합레진을 결합시킨 경우에서, 상아질접착제를 이용한 경우가 다소 결합강도가 증가하였으나, 통계학적 유의성은 없는 것으로 나타났다. 즉 상아질접착제가 범랑질의 성분과 화학적인 반응을 할 수 있는 경우에는 활택한 범랑질에서도 높은 결합강도를 나타낼 것으

로 예상하였으나, 이와 같은 결과에 의하면, 상아질접착제는 범랑질의 구성성분과는 화학적결합을 이루지 못하는 것으로 사료된다. 또 Fig.6에서 나타난것은 primer에 있는 수분이나 알코올성분이 범랑질표면의 접착성을 감소시키는 원인이 되거나, 수분과 알코올성분 이외에 산성으로 인해 primer자체가 취약해져 sealer에 비하여 물리적 성질이 감소되어 나타난 결과로 사료된다.

이상의 결과로 미루어 보아 산부식된 범랑질에 상아질접착제의 도포는 primer와 sealer를 모두 도포하는 경우는 범랑질접착제와 같은 수준의 결합강도를 나타낼 수 있다고 생각된다. 그러나 primer를 단독 도포한 경우는 통계학적으로 유의한 수준으로 결합강도를 감소시키게 되므로 임상에 적용시 주의를 요한다고 할 수 있다. 아울러 본 연구에서는 상아질접착제를 도포시킨 실험군에서 충분한 결합강도를 나타내었으나, 장기간에 걸친 온도 변화와 구강내와 유사한 환경하에서 내구성 평가에 관한 연구를 계속하면 범랑질 표면에서도 제한없이 사용할 수있는 상아질접착제가 개발되어 변연누출이 발생하지않고 임상적으로도 사용이 안전한 복합레진을 이용하는 보존수복의 발전에 기여하리라 생각한다.

V. 결 론

상아질 접착제를 산부식된 범랑질에 도포할 경우 복합레진과 치아범랑질의 결합강도에 미치는 영향을 연구할 목적으로 우치의 범랑질 364개를 이용하여, 이중 실험 A은 320개의 범랑질 시편을 2개군으로 분류하여 전단결합강도를 실험하였으며, 실험 B는 40개의 범랑질 시편으로 복합레진과의 접착계면의 표면강도를 실험하였고, 실험 C은 나머지 4개로 산부식된 범랑질표층 내부로의 복합레진의 침투양상을 관찰하였다. 실험 A에서는 산부식하지않은 군을 ① 군으로 하고, 산부식한 군을 ② 군으로하여 3가지 종류의 상아질 접착제를 ① 군에서는 primer와 sealer를 모두 도포하고, ② 군에서는 산부식된 범랑질에 primer단독 도포한 경우, sealer 단독 도포한 경우, primer와 sealer 두가지가 다 도포한 경우로 분류한뒤 복합레진을 결합시켜 측정된 전

단결합강도를 범랑질 접착제를 이용하여 복합레진을 결합시킨 경우와 비교하였다. 실험 B에서는 기계적 결합에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서 상아질 접착제의 비커스경도값을 측정하였고 실험 C에서는 치아 표면에 대한 복합레진 및 상아질접착제의 범랑질표층부로의 침투양상을 전자현미경으로 관찰하였다. 측정된 결합강도, 경도및 범랑질 표층내부의 레진 침투양상을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 산부식여부에 관계없이 범랑질접착제를 사용한 경우 범랑질에 대한 복합레진의 결합강도는 높게 나타났다.
2. 산부식 하지 않은 범랑질에 대한 상아질 접착제에 의한 복합레진의 결합강도가 다소 증가하였으나, 통계적 유의성은 없었다.
3. 산부식된 범랑질에서 상아질 접착제 primer를 단독 도포할 경우, 결합강도가 현저히 감소되었다.
4. 산부식된 범랑질에서 상아질 접착제 sealer를 이용하거나, primer와 sealer를 모두 이용할 경우, 범랑질 접착제를 사용한 경우와 유사한 결합강도를 나타내었다.
5. 결합강도는 사용된 상아질 접착제의 종류보다 사용방법에따라 더욱 큰 영향을 받았다.
6. 상아질 접착제의 경도는 복합레진에 비하여 작았으나, 산부식된 범랑질에 대한 침투도는 우수하였다.

REFERENCES

1. Berry, T.G., and Osborne, J.W. : Dentin bonding vs. enamel bonding of composite restorations: A clinical evaluation, Dent.Mater., 5:90-92, 1989.
2. Bowen, R.L., Tung, M.S., and Blosser, R.L. : Dentine and enamel bonding agents, Int.Dent.J., 37:158-161, 1987.
3. Bowen, R.L., and Cobb, E.N. : A method for bonding to dentin and enamel, J.Am.Dent.Assoc., 107:734-736, 1983.
4. Buonocore, M.C. : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, J.Dent.Res., 34:849-853, 1955.

5. Retief, D.H. : The mechanical bond, *Int.Dent.J.*, 28:18-27, 1978.
6. Steinfors, J., Deblauwe, B.M., and Beertsen, W. : The inorganic components of cementum and enamel related dentin in the rat incisor, *J. Dent. Res.*, 69:1287-1292, 1990.
7. Gwinnett, A.J. : The morphologic relationship between dental resins and etched dentin, *J.Dent.Res.*, 56:1155-1160, 1977.
8. Pashley, D.H., Michelich, V., and Kehl, T. : Dentin permeability: effects of smear layer removal, *J.Prosthet.Dent.*, 46:531-537, 1981.
9. Craig, R.G., and Peyton, F.A. : Elastic and mechanical properties of human dentin, *J.Dent.Res.*, 37:710-718, 1958.
10. Joynt, R.B., Davis, E.L., and Wieczkowski, J.G. : Dentin bonding agents and the smear layer, *Oper. Dent.*, 16:186-191, 1991.
11. Tao, J., Pashley, D.H., and Boyd, L. : Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths, *Dent.Mater.*, 4:208-216, 1988.
12. Bowen, R.L. : Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. IV. Bonding to dentin, enamel, and fluorapatite improved by the use of a surface-active comonomer, *J.Dent.Res.*, 44:906-911, 1965.
13. Aoyagi, N., Abe, S., Sasazaki, H., and Okuda, R. : Adaptation of composite resins to dentinal wall, - Effect of combination of bonding agents and composite resins in cavities on bovine teeth, *Japan. J. Conserv. Dent.*, 34:116-126, 1991.
14. Munksgaard, E.C., and Asmussen, E. : Dentin-polymer bond mediated by glutaraldehyde/HEMA, *Scand. J.Dent.Res.*, 93:463-466, 1985.
15. Munksgaard, E.C. : Amine-induced polymerization of aqueous HEMA aldehyde during action as a dentin bonding agent, *J.Dent.Res.*, 69:1236-1239, 1990.
16. Mitsugi, T., Kazuomi, S., and Hiroyuki, N. : Adhesion of restorative resin to tooth substance : Adhesion of aminoacid derivatives-HEMA bonding agent to bovine dentin following pretreatment with MAL-HEMA aqueous solution, *J. Jpn. Soc. Dent. Mater. Devi.*, 10:196-203, 1991.
17. Kubo, S., Finger, W.J., Muller, M., and Podszun, W. : Principles and mechanisms of bonding with dentin adhesive materials, *Esthet.Dent.*, 3:176-183, 1991.
18. Fasbinder, D.J., Burgess, J.O., Robbins, J.W., and Theobald, W.D. : Tensile bond strength of dental adhesives to dentin and enamel, *Dent.Mater.*, 5:272-275, 1989.
19. Zidan, O., and Aljabab, A. : Evaluation of the bond mediated by eight DBA's to enamel and dentin, *Dent.Mater.*, 6:158-161, 1990.
20. Hadavi, F., Hey, J.H., Ambrose, E.R., Louie, P.W., and Shinkewski, D.J. : The effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel, *Oper.Dent.*, 18:61-65, 1993.
21. Chen, J.H., Xu, J.W., and Shi, C.X. : The shear bond strength between human enamel and composite resin placed with cured or uncured unfilled resin, *Quint.Int.*, 23:569-573, 1992.
22. Hormati, A.A., Denehy, G.E., and Fuller, J.L. : Retentiveness of enamel-resin bonds using unfilled and filled resins, *J.Prosthet.Dent.*, 47:502-504, 1982.
23. Yamaguchi, R., Powers, J.M., and Dennison, J.B. : Parameters affecting in vitro bond strength of composites to enamel and dentin, *Dent.Mater.*, 5:153-156, 1989.
24. Gendusa, N.J. : Hydrolysis of 4-META/MMA-TBB resins: a myth, *J.Esthet.Dent.*, 4:58-60, 1992.
25. Takahashi, Y., Otsuki, A., and Takeuchi, M. : Effect of pretreatment with ethanol containing fluoride on etched enamel surface as evaluated by scanning electron microscopy, optical microscopy, and tensile bond strength measurement, *J.Dent.Res.*, 56:588-594, 1977.
26. Boyer, D.B., Chalkley, Y., and Chan, K.C. : Correlation between strength of bonding to enamel and mechanical properties of dental composites, *J. Biomed. Mater. Res.*, 16:775-783, 1982.
27. Perinka, L., Sano, H., and Hosoda, H. : Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives, *Dent.Mater.*, 9:229-233, 1992.
28. Schulein, T.M., Boyer, D.B., and Chalkley, Y. : Bond strength and hardness of light-activated composite resins, *J.Biomed.Mater.Res.*, 18:789-796, 1984.
29. Denehy, G.E., and Torney, D.L. : Internal enamel reinforcement through micromechanical bonding, *J.Prosthet.Dent.*, 36:171-175, 1976.
30. Retief, D.H., and Woods, E. : Is a low viscosity bonding resin necessary ?, *J.Oral.Rehabil.*, 8:255-266, 1981.