

상아질 표면처리후 복합레진 수복시 온도변화가 결합에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 치과보존학교실
이용우 · 손호현

Abstract

EFFECT OF THERMOCYCLING ON BONDING OF COMPOSITE RESIN AFTER DENTIN SURFACE TREATMENTS

Yong-Woo Lee, D.D.S., Ho-Hyun Son, D.D.S., Ph.D.

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of various dentin surface treatments on shear bond strength, microhardness and fracture mode before and after thermocycling.

Recently extracted 75 human molars were used. The teeth were sagittal sectioned faciolingually to obtain 150 specimens. They were randomly divided into six groups. Mesial and distal dentinal surfaces of specimens were exposed by grinding and treated respectively with GC-DENTIN CONDITIONER, 10-3 solution of 4-Meta, Cleansar and Primer of GLUMA, Scotchprep of Scotchbond 2, DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND according to the manufacturer's directions. Specimens of one group were not treated. Adhesive agent of Scotchbond 2, were applied and cured on the treated dentin surfaces. After P-50 were cured on them, specimens were stored in 37°C water for 24 hours before shear bond strength measurement.

Shear bond strength was measured in 10 specimens of each group. 10 specimens of each group were thermocycled in 20°C, 60°C, 20°C, 4°C, 20°C water in order, for 30 seconds respectively, 100 times a day for 7 days. After thermocycling, shear bond strength was measured. Microhardness was checked on treated dentin surface and fractured dentin surface in 10 specimens respectively. Fracture modes were observed with SEM.

The following results were obtained.

1. Before thermocycling, shear bond strengths in the specimens treated with DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND were significantly higher than those in other specimens ($P < 0.01$).
2. After thermocycling, shear bond strengths in the specimens treated with Cleansar and Primer of GLUMA, Scotchprep of Scotchbond 2 and DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND were significantly higher than those in specimens not treated, treated with GC-DENTIN CONDITIONER and 10-3 solution of 4-Meta ($P < 0.01$). Shear bond strengths in the specimens treated with GC-DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND were significantly higher than those in other specimens except those treated with Scotchprep of Scotchbond 2 ($P < 0.01$).
3. Shear bond strengths after thermocycling were reduced in the specimens not treated, treated with GC-DENTIN CONDITIONER and 10-3 solution of 4-Meta and were increased in the specimens treated with Cleansar and Primer of GLUMA, Scotchprep of Scotchbond 2, without significance, compared with those before thermocycling.

ycling. In the specimens treated with DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND, shear bond strengths after thermocycling were significantly increased, compared with those before thermocycling ($P < 0.01$).

4. Microhardnesses in the fractured surfaces after shear bond strength measurement were significantly increased in the specimens treated with 10-3 solution of 4-Meta and significantly decreased in the specimens treated with DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND, compared with those in the treated dentin surfaces ($P < 0.01$).
5. In the specimens treated with Cleanser and Primer of GLUMA, Scotchprep of Scotchbond 2 and DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND, cohesive fracture modes were observed more than adhesive fracture modes.

목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 사진부도

I. 서 론

치아의 모든 경조직과 수복물간에 강하고 영구적인 물리적 또는 화학적 결합이 일어난다면, 유지력을 위한 과도한 치질의 삭제를 줄일 수 있고, 치질과 수복물간의 변연부 미세누출을 억제하여 세균과 변색물질의 유입을 막을 수 있으며, 이에 따른 이차우식증, 상아질 지각과민증, 치수병변등을 예방함으로써 수복물의 수명을 연장시킬 수 있다¹⁻³⁾.

법랑질에서 수복재와의 결합은 Buonocore⁴⁾와 Bowen⁵⁾에 의한 산부식법을 이용하는 물리적 유지기전에 따르고 있다. 그러나 상아질은 13% (비중)의 물과 18%의 유기질(주로 교원섬유)로 구성되어 있는 살아있는 조직이며 상아질면에서 체액교환이 끊임없이 일어나 완벽하게 건조시키지 못한다는 점과 치수와 관련된 형태적, 생리적 측면을 고려해서 수복재와의 결합연구가 이루어져야 한다⁶⁻¹⁰⁾. 이러한 상아질과 수복재간의 결합을 증진시키기

위해 Buonocore¹¹⁾, Omura¹²⁾, Fusayama¹³⁾은 상아질을 산부식시켜 상아세관의 와동측 입구를 개방시킨 후 저점도 레진을 스며들게하고 중합시킴으로써 물리적 유지력을 얻어, 결합강도를 증가시켰다. 상아질 산부식을 위해 법랑질 산부식에 사용하는 30-50%의 인산용액을 사용하면 상아질 표층의 도말층 뿐만 아니라 관주상아질도 용해시켜 상아세관이 2-3배 넓어지는 결과를 초래한다^{14,15)}. Nordenvall과 Brannstrom¹⁵⁾은 37% 인산용액과 50% 구연산을 사용하여 15초와 60초간 상아질에 도포한 결과 특별한 치수반응, 치수괴사가 나타나지 않음을 보고하였으나 다른 연구에서는 상아질내로의 결합물질의 침투로 인해 조상아세포의 전위, 염증, 치수괴사가 일어남을 보고 하였다¹⁶⁻¹⁹⁾. 한편 열려진 상아세관으로 점도가 낮은 단량체(monomer)를 도포하여 물리적 결합을 얻으려는 시도는 결합강도의 증가에 한계가 있으며 비교적 낮은 결합강도를 나타내었다²⁰⁻²²⁾.

Nakabayashi²³⁾에 의하면 단순히 상아세관 내부로의 레진 tag의 형성에 의해서는 최대로 5.8 MPa 이상의 물리적 결합강도를 가질 수 없으며 그 이상의 결합강도를 나타내기 위해서는 상아질내의 유기물이나 무기물과의 화학적, 물리적 결합을 강조하고 있다. 따라서 산부식법 이외, 상아질내의 무기물이나 유기물 특히 교원섬유와 화학적 결합을 하는 여러 종류의 상아질 접착제(dentin adhesive)와 접착강화제(primer) 그리고 상아질 표면처리제에 대한 연구가 이루어졌는데, 1956년 Buonocore¹¹⁾은 glycerophosphoric acid, Nakamichi²⁴⁾은 phen-

ylphosphate가 연결된 methacrylate를 이용하여 상아질 표층의 Ca과 결합하여 인산-칼슘 이온결합을 유도하였으나 부적합한 결합강도를 나타냈다. 이 같은 1세대 상아질결합제는 이온결합의 가수분해로 인해 성공적이지 못했다. 2세대 결합제인 Bis-GMA의 bichlorosporous ester를 포함하는 Scotchbond²⁵⁾, Prisma Universal Bond등과 polyurethane-dimethacrylate계통인 Dentin Adhesive는 인장결합강도 측정결과 6 MPa 이하의 낮은 결합강도를 나타내었다²⁶⁾. 이는 2세대 결합제가 물리적인 결합을 하지 못하는데 기인한다고 판단되어 도말층의 제거나 변형을 시도하는 3세대 결합제가 개발되었다²⁷⁾. 1982년 Bowen²⁾과 Cobb²⁸⁾는 도말층을 제거하고 다른 결합구조들이 침착되어 형성된 인위적인 도말층으로 대체시키는 방법을 사용하였는데, ferric oxalate acidic mordant가 도말층을 제거시키면서 ferricion이 표층의 칼슘과 대치되어 불용해성의 결정체를 형성하여 상아세관 교원섬유들 사이에 고착화된다. 그후에 NPG(N-phenylglycine), NTG-GAM(N-phenylglycine and glycidyl methacrylate), NTG-GMA(N (p-toyl) glycine and glycidyl methacrylate)와 같은 계면활성제와 결합하여 불용해성의 킬레이트 화합물이 상아질 표면에 형성되고 PMDM (pyromellitic dianhydride and 2-hydroxyethyl trimellitic anhydride)과 같은 연결물질(coupling agent)이 개재되면 수복용 복합레진과 상아질 사이에 높은 결합력을 부여할 수 있다고 보고하였고^{29,30)}, 후에 변색을 일으키는 ferric oxalate는 안정된 aluminum oxalate로 대치되어 Tenure로 상품화 되었다. 1985년 Asmussen과 Munksgaard³¹⁾는 상아질이 높은 비중의 유기물과 물로 구성되어 있고 체액이 항상 존재하여 완전히 건조시키는 것은 불가능하다는 점을 주시하고 수분이 있는 환경에서 35% β -HEMA (Hydroxyethyl methacrylate)와 5% glutaraldehyde를 조합시켜 도포한 결과 높은 결합강도를 보고하였다. GLUMA가 이의 예로서 Eliades등³²⁾은 GLUMA등을 사용하여 6MPa 정도의 결합강도를 얻었다. Chappell등³³⁾은 Scotchbond에 말레인산 (Maleic acid), 물, HEMA가 혼합된 접착 강화제 (primer)를 첨가하여 상품화된 Scotchbond 2를 사용하여 17MPa 정도의 높은 결합강도를 얻었다고 보고 하였다. 이후 최근에 ALL BOND라는 상아질

결합제가 개발되었는데 도말층을 제거하지 않고 HEMA(pH=4.4)로 표면처리하여 습윤력(wettability)을 증진시킨 다음 NTG-GMA와 BPDM(Bis-phenyl dianhydrate and 2-HEMA)을 도포하여 법랑질에서의 결합강도와 비슷한 20MPa 정도의 결합력 증가를 나타내었다.

한편 개발된 상아질 결합제는 보통 in vitro 실험방법에 의해 평가되는데, 결합강도 측정은 결합제의 유지능력을 예측하는 보편적인 방법이며, 변연미세누출 평가 역시 상아질 결합제의 효과를 판단하는 중요한 평가방법이다. Stanford등³⁴⁾은 상아질의 산부식 여부, 치면의 도말층 잔존여부, 레진의 중합수축력, 치면의 깊이, 발치후의 경과시간, 실험치아의 기왕력등이 결합강도 측정 실험시 관여하는 요인으로 고려하였으며 Negm³⁵⁾, Mowery³⁶⁾, Manabe등³⁷⁾은 표면의 조도(roughness)가 결합강도에 영향을 주는 인자로 보고하였다. Aboush와 Jenkins³⁸⁾는 치아형태와 실험부위등도 관여인자임을 보고하였다. 이러한 관여인자 외에 복합레진의 열팽창계수가 다른 수복재료에 비하여 크기 때문에 체외에서 상아질과 복합레진사이의 결합강도 측정시 구강내 환경요소를 적절히 부여하기 위해 실험재료에 온도변화를 가하는 것은 큰 의의가 있다. Munksgaard등³⁹⁾은 온도변화(thermocycling)를 시행하여 실험한 결과 상아질 결합제를 사용한 경우 복합레진의 법랑질에서의 변연 접합도가 더 증가한다고 보고 하였고, Chan⁴⁰⁾, O'Brien⁴¹⁾, Marchman등⁴²⁾은 온도변화가 레진의 상아질에 대한 결합강도에 역영향을 주지 않는다고 보고하였다. 그러나 현재 상아질 표면처리후 복합레진 수복시 온도변화가 결합에 미치는 영향에 대한 보고가 미진한 바, 본 실험에서는 수증상아질 표면처리제로 상아질 표면을 처리한 후 구치부 복합레진으로 수복하고 온도변화를 시행하여 전단결합강도 및 상아질 표면의 미소경도를 측정하고 파절면 형태를 관찰하여 온도변화전과 비교, 평가하였고 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

성별에 관계없이 충치와 충전물이 없는 상, 하악

Table 1. Type and composition of dentin surface treatment materials.

Type		Composition		Manufacturer
dentin pre-treatment	dentin primer	dentin pre-treatment	dentin primer	
DENTIN CONDITIONER		10% polyacrylic acid		G-C DENTAL-INDUSTRIAL CORP.
4-Meta 10-3 solution		10% citric acid + 3% ferric chloride		Sun. Med. Co.
GLUMA Cleanser	GLUMA Primer	0.5M EDTA (pH=7.4)	5% Glutar-aldehyde + 35% HEMA	Bayer Dental.
	Scotchprep		HEMA + Maleci acid	3M Dent. Prod. Div.
ALL BOND DENTIN-CONDITIONER	ALL BOND PRIMER A PRIMER B	HEMA (pH=4.4)	NPG-GMA BPDM	BISCO INC.

소구치와 대구치 75개를 발거직후 생리적 식염수에 보관하였고, 발거한지 7일이내에 실험에 사용하였다. 상아질 표면처리는 Glass-ionomer cement의 표면처리제인 GC-DENTIN CONDITIONER, 4-Meta의 10-3 용액, GLUMA내의 Cleanser와 Primer, Scotchbond 2 내의 Scotchprep, ALL BOND내의 DENTIN CONDITIONER와 PRIMER A, B를 이용하였으며 결합제(bonding agent)로서는 Scotchbond 2 내의 Dentin Adhesive를 사용하였다(Table 1). 수복용 복합레진으로는 구치부 복합레진인 P-50(3M. Co)을 사용하였다.

나. 실험방법

1. 전단결합강도측정

75개 치아에 저속의 Diamond Saw(Buehler. Co)를 사용하여 치근을 절단한 다음 치아의 장축에 평행하게 근, 원심면을 1.5mm정도 삭제하여 4×4 mm의 상아질 표면이 노출되면 치아의 증앙을 헐 설측으로 종절단하여 150개 실험시편을 얻었다. 그후 600번 silicon carbide 연마지가 부착된 자동 연마기(Buehler. Co)를 이용하여 60 rpm의 속도로 20초간 연마하였다.

먼저 전단결합강도를 측정하기 위해 60쌍(120개) 시편을 선택하여 세탁, 건조한 다음 20개씩 하기와 같이 6군으로 나누어 표면처리 하였다. 제 1군은 대조군으로서 표면처리를 하지 않았으며, 제 2군은 GC-DENTIN CONDITIONER를 소면구에 적셔 상아질 표면을 20초간 문지르고 수세후 10초동안 압축공기로 건조시켰다. 제 3군은 4-Meta내의 10-3 용액을 면구에 적셔 30초간 문지르고 15초간 수세후 10초동안 압축공기로 건조시켰고, 제 4군은 GLUMA내의 Cleanser를 면구에 적셔 30초간 도포한 다음 압축공기로 건조시켰다. 제 5군은 Scotchbond 2내의 Scotchprep을 스폰지에 적셔 60초간 도포하고 15초동안 압축공기로 건조시켰고, 제 6군은 ALL BOND내의 DENTIN CONDITIONER를 작은붓을 사용하여 30초간 도포하고 10초간 압축공기로 건조하고 PRIMER A와 PRIMER B를 혼합시킨다음 작은 붓으로 3-4회 도포한후 10초간 압축공기로 건조시켰다(Table 2). 상아질 표면처리가 끝난직후 각군 실험시편의 상아질 표면에 작은붓을 사용하여 Scotchbond 2내의 Dentin Adhesive를 도포한 후 Optilux 400(Demetron)을 사용하여 20초간 광중합시켰다. 그 후 직경 3mm, 높이 3mm의 레진부착용

Table 2. Grouping by dentin surface treatment procedure.

Group	Dentin surface treatments
1	Untreated after grinding with No. 600 Sic for 20 seconds.
2	Scrubbed with DENTIN CONDITIONER of G-C for 20 seconds, washed with water for 10 seconds and dried with air for 10 seconds.
3	Scrubbed with 10-3 solution for 30 seconds, washed with water for 15 seconds and dried with air for 10 seconds.
4	Scrubbed with GLUMA Cleaner for 30 seconds, washed with water for 10 seconds, treated with GLUMA Primer and dried with air.
5	Applied with Scotchprep for 60 seconds and dried with air for 15 seconds.
6	Applied with DENTIN CONDITIONER of ALL BOND for 30 seconds, dried for 10 seconds, coated four times with PRIMER A+B of ALL BOND and dried for 10 seconds.

금속주형에 표면처리한 시편을 장착한 후 구치부 복합레진인 P-50을 2회에 걸쳐 40초씩 광중합시켜 접착하였다. 이 후 모든 시편은 37°C 생리적 식염수에 24시간 보관후, 각군 10개 시편은 만능시험기 (Instron Model No. 4201)에 전단장치를 부착하고 용량 50kg의 load cell을 이용하여 cross head speed 1mm/min에서 전단 결합강도를 측정하였다.

각 군에서 나머지 10개 시편은 20°C, 50°C, 60°C, 20°C, 4°C, 20°C의 물속에 순서대로 각각 30초씩 계류시켜 1회의 온도변화를 시행하였고 1일 100회씩 7일동안 총 700회의 온도변화를 주었다. 온도변화를 시행치않은 동안은 20°C의 물속에 보관하였다. 그후 만능시험기로 온도변화를 시행치않은 시편과 동일한 조건에서 전단결합강도를 측정하여 온도변화 전, 후의 전단결합강도를 비교, 평가하였으며 통계적 검증을 위해 ANOVA와 Scheffé test, t-test를 사용하였다.

2. 미소경도 측정

나머지 15쌍(30개) 치아시편을 5개씩 6군으로 나누어 전단결합강도 측정시와 동일한 방법(Table 2)으로 상아질 표면을 처리한 후 미소경도 측정기 (Micro-Vicker's hardness test, Matsuzawa SEIKE Co)로 하중 100g, 부하시간 30초 조건하에서 한 시편에 2회 측정하였다. 그 후 동일한 시편의 상아질 표면에 전단결합강도 측정시와 같은 방법으로 구치부레진을 수복하여 전단결합강도를 측정하고 파절되어진 실험시편의 파절면에서 표면처리만을 한 시편과 동일한 조건으로 미소경도를 2회씩 측정하여 상아질 표면을 처리한 후의 미소경도와

비교, 평가하였다. 통계적 검증을 위해 ANOVA와 Scheffé test, t-test를 사용하였다.

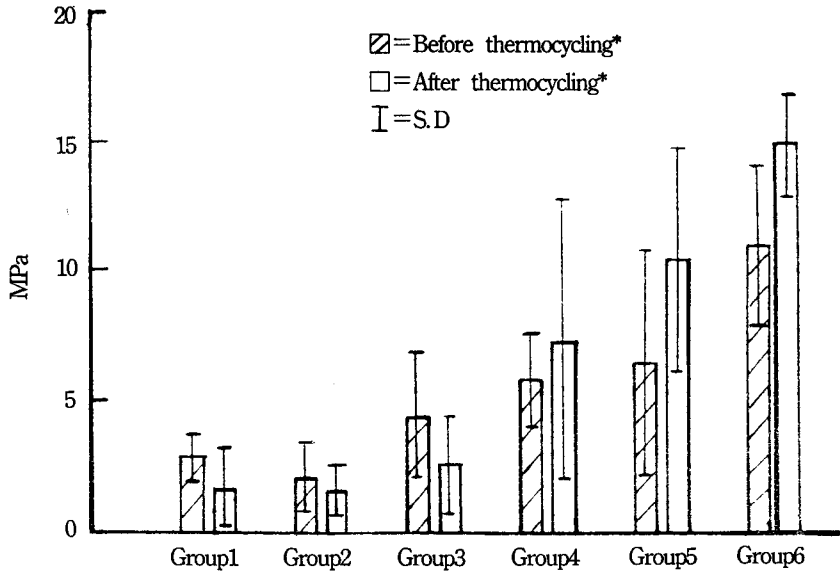
3. 파절형태 관찰

각 군의 전단결합강도 측정후 파절형태는 금속현미경으로 관찰하였고, 더 자세히 관찰하기 위해 파절면 중앙을 이등분한 후, 37% 인산으로 60초 처리하고 수세후 압축공기로 건조시킨 다음, 유기물 제거를 위해 10% NaOCl에 60초 동안 보관한 후, 수세하고 건조과정을 거쳐 금증착후 주사전자현미경(Hidachi X-650, Japan)으로 관찰하였다.

III. 실험성적

120개의 실험시편에 대한 온도변화 전, 후의 전단결합강도 측정(Fig 1, Table 3)시 온도변화 전의 전단결합강도는 ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군(6군)이 평균 10.90 MPa로 타군에 비해 가장 높게 나타났으며(P<0.01), GLUMA의 상아질 표면 처리제로 처리한 군(4군)과 Scotchbond 2의 상아질 표면처리제로 처리한 군(5군)은 처리하지 않은군(1군), GC-DENTIN CONDITIONER로 처리한 군(2군), 4-Meta의 10-3용액으로 처리한 군(3군)보다 높은 전단결합강도를 나타냈으나 통계적 유의성은 없었다. 또한 전단결합강도의 수치상 5군은 4군보다 높으나 통계적 유의성은 없었다. 온도변화후의 각 군사이에서 전단 결합강도는 4, 5, 6군이 1, 2, 3군에 비해 높게 나타났으며(P<0.01) 4, 5군 사이와 5, 6군 사이에는 통계적 유의성이 없이 각각 5군과 6군이 높게 나타났고 6군은 평균

Fig. 1. Effect of thermocycling on shear bond strength following various dentin surface treatments.



* Specimens were thermocycled in 20°C, 60°C, 20°C, 4°C, 20°C water in order for 30 seconds respectively, 100 times a day for 7 days.

Table 3. Shear bond strength (MPa) before and after thermocycling

Group	Before thermocycling(n=10)			After thermocycling(n=10)		
	Mean	S.D.	Range	Mean	S.D.	Range
1	2.90	0.90	1.6- 3.9	1.70	1.60	0.3- 4.9
2	2.10	1.40	0.8- 5.0	1.60	1.10	0.4- 3.8
3	4.50	2.40	1.9- 7.5	2.60	1.90	0.6- 6.2
4	5.80	1.80	2.6- 8.0	7.30*	5.40	2.0-10.0
5	6.50	4.30	2.5-14.0	10.40	4.30	4.0-15.0
6	10.90*	3.10	6.9-15.9	* 14.80	* 2.00	10.1-17.5

S.D. : Standard Deviation

* Symbols show statistical difference(P<0.01).

14.8MPa로 1, 2, 3, 4군에 비해 높게 나타났다(P<0.01). 각 군에서 온도변화후의 전단결합강도는 온도변화전에 비해 1, 2, 3군에서는 수치상 감소하였으나, 통계적 유의성은 없었고 4, 5, 6군에서는 수치상 증가하였으나 4, 5군은 통계적 유의성이 없으며 6군에서는 유의성있는 증가를 보였다(P<0.01).

30개의 실험시편에서 상아질 표면을 처리한 후와 전단결합강도 측정후의 파절면에서 표면 미소경도를 측정(Table 4)시 상아질 표면을 처리한 후의 미소경도는 ALL BOND의 상아질 표면처리제로

처리한 군(6군)에서 평균 63.2 Knoop hardness (KH)로 가장 높게 나타났으나 타군들과 비교시 통계적 유의성은 없었으며, 전단결합강도 측정후의 파절면에서 미소경도는 Scotchbond 2의 상아질 표면처리제로 처리한 군(5군)에서 평균 53.2 KH로 가장 높게 나타났으나 타군들과 비교시 통계적 유의성은 없었다. 각군에서 상아질 표면을 처리한 후와 전단결합강도 측정후의 파절면에서 미소경도를 비교시 2군은 수치상 증가하였으나 통계적 유의성은 없고 3군에서 통계적으로 유의성있는 증가를 보였다(P<0.01). 1, 4, 5군에서는 미소경도가

Table 4. Knoop hardness of dentin surface after dentin surface treatments and fractured surface after shear bond strength measurement

Group	Treated dentin surface(n=10)			Fractured dentin surface(n=10)	
	Mean	S.D.		Mean	S.D.
1	41.5	3.3		39.0	3.7
2	32.4	5.8		35.7	5.0
3	34.1	3.8	*	47.3	6.9
4	54.0	9.7		46.0	10.9
5	60.3	12.7		53.2	3.3
6	63.2	8.9	*	34.0	8.2

* S.D. : Standard Deviation

* Symbols show statistically difference(P<0.01).

Table 5. Number of specimens according to failure mode after shear bond strength measurement

	Before thermocycling			After thermocycling		
	A	C	A-C	A	C	A-C
GLUMA	8	0	2	6	2	2
Scotchbond 2	5	2	3	4	3	3
ALL BOND	3	3	4	2	6	2

A : Adhesive failure mode between dentin bonding agent and dentin

C : Cohesive failure mode of composite resin or dentin

A-C : Combination of adhesive and cohesive failure modes

수치상 감소하였으나 통계적 유의성이 없었고 6군에서는 통계적 유의성있는 감소를 보였다(P<0.01).

치면 파절양상은 1, 2, 3군에서는 온도변화 전, 후의 각각 10개 시편에서 상아질 표면과 접착제 사이에서 단순히 부착성파절(adhesive fracture)이 나타났고 4군의 치면파절양상은 온도변화 전, 후에서 부착성 파절양상을 보이는 시편수가 각각 8개와 6개로 각각 5개와 4개인 5군과 각각 3개와 2개인 6군보다 많았다. ALL BOND의 상아질 표면 처리제로 처리한 군(6군)에서는 온도변화전과 후 각각 3개와 6개의 시편에서 응집성파절(cohesive fracture)양상을 보여 타군보다 많았으며, 4, 5, 6군에서는 온도변화 전보다 온도변화후에 응집성 파절양상이 더 많이 관찰되었다.

IV. 총괄 및 고안

결합강도는 발치후 경과시간, 보관방법, 실험부위, 표면조도, 온도변화방법등에 의해 영향을 받

으며, 발치후 경과시간에 관해 Cooley⁴³⁾는 발치후 일주일내에 실험한 경우와 3개월 후에 실험한 경우에서 전단결합강도는 통계적 유의성을 보이지 않음을 보고하였고, 보관방법에 관해 Jorgensen⁴⁴⁾은 가장 좋은 보관방법은 생리적 식염수에 몇일간 보관하거나 1% chloramine에 보관하여 실험하는 것이 적당하다고 보고하여, 본 실험에서는 발거한 지 7일이내의 치아를 생리적 식염수에 보관하여 동일한 실험 조건을 부여하였다.

실험부위에 관해 Suzuki와 Finger⁴⁵⁾는 결합강도가 남아있는 상아질 두께에 따라 차이가 있음을 보고하였는데 치수에 1mm 이내로 근접한 상아질 표면에서의 결합강도가 상아법랑질 경계부위의 상아질 표면에서의 결합강도보다 30-40%정도 낮게 나타난다고 보고하였고 Olsson⁴⁶⁾은 교합면에서 보다 협설측면의 결합강도가 20-50% 높게 나타난다고 보고하였다. 본 실험에서는 근원심면의 결합강도를 측정하였는데 Cooley⁴³⁾가 보고한 협설면의 결합강도와 차이가 없는 것으로 보아, 협설면과

근원심면은 결합강도에 큰 영향을 주지 않은 것으로 사료된다.

표면조도에 관해 Mowery³⁶⁾는 상아질표면은 60 grit Sic와 260, 600, 1200 grit Sic로 처리하고 도말층의 처리가 없는 결합제인 Scotchbond로 수복시 거친 60 grit Sic로 처리한 표층에서 유의성을 가지는 높은 전단결합강도를 가진다고 보고하였으나 Finger³⁷⁾는 GLUMA, Scotchbond 2와 같은 상아질 표면처리제로 도말층을 처리하고 복합 레진으로 수복할 때 표면조도와 전단결합강도는 연관성이 없음을 보고하였고 Wendt⁴⁷⁾는 임상에서 사용하는 #245 carbide bur로 치질을 삭제하는 경우와 유사한 표면조도를 가지는 경우는 600 grit Sic로 처리한 경우라고 보고하였다. 이처럼 도말층을 처리하지 않은 경우는 표면조도 계수가 클때 높은 전단결합강도를 가지며, 도말층을 처리한 경우는 표면조도 계수가 작아야 습윤력이 증진되어 전단결합강도가 증가된다. 본 실험에서는 임상과 유사한 조건인 600 grit Sic을 이용하여 20초간 표면처리하여 도말층을 형성시켰다.

온도변화에 관하여 최근 ADA에서는 생체의외에서 상아질 결합제의 결합강도를 측정시, 물에 15분, 24시간, 30일간 보관할 것과 5°C와 55°C의 물속에서 15초간 계류시키고 250회의 온도변화를 실시한 후에 측정할 것을 제시하였는데 O'Brien⁴¹⁾과 Marchman⁴²⁾은 결합강도 측정시 온도변화가 결합강도에 역효과를 주지 않는다고 보고하였으며, GLUMA인 경우 250회 온도변화를 주고 24시간 후와 30일후의 인장결합강도를 측정시 각각 23.1MPa, 26.3MPa를 보여 수치상 인장결합강도가 증가된 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없다고 보고 되었으며 또한 Plueddeman⁴⁹⁾은 온도변화 동안에 레진이 물을 흡수하면 삼투압 작용에 의해 레진과 상아질면 사이에서 틈이 발생할 수 있다고 하였고 Davidson⁴⁹⁾은 레진의 중합수축력은 일차원적 평면에서는 2-4MPa이며, 이차원면 이상에서는 7-9 MPa를 갖는다고 보고하였고 수복용 복합레진은 종류에 따라 중합수축력, 온도변화 동안의 열팽창, 물흡수등에 의해 결합력이 다르게 나타난다고 보고하였다. 본 실험에서는 동일한 실험조건을 부여 하기위해 복합레진을 구치부레진인 P-50으로 통일 시켰으며, 상아질 표면을 처리하지 않은 군과 GC-

DENTIN CONDITIONER로 표면처리한 군, 4-Meta의 10-3용액으로 처리한 군에서는 700회의 온도변화후 유의성은 없지만 전단결합강도가 감소하였고 GLUMA, Scotchbond 2의 상아질 표면처리제를 사용한 실험군에서는 온도변화후 전단결합강도가 유의성 없이 증가되었으며 특히 ALL BOND의 상아질 표면처리제를 사용한 실험군은 온도변화 전, 후에서 각각 10.9MPa, 14.8MPa를 나타내 온도변화후 전단결합강도의 증가가 일어났는데(P<0.01), 이같은 실험결과는 단순히 도말층을 처리하지 않거나 산처리하여 Adhesive agent를 도포하고 광중합한후 레진을 수복한 군들은 레진의 중합수축력을 극복하지 못해서 접합면에 gap을 형성, 미세 누출이 일어나고 물이 흡수되어 상아세관내로 침투한 레진이 가수분해를 일으켜 결합력이 감소한 것으로 사료되며, GLUMA, Scotchbond 2, ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 경우는 중합수축력을 극복할 수 있으며, 또한 제조자는 P-50이 1.37mg/cm³ 물 흡수력을 가진다고 보고 했는데 이는 다른 레진보다 물 흡수력이 커서 접착 강화제를 사용하고 수복시 높은 수화팽창이 발생하여 6시간 이후에는 중합수축력에 의해 생기는 접착면 사이의 gap을 보상할 수 있고 온도변화 후에도 물 흡수를 허용치 않음으로써 높은 전단결합강도가 나타난 것으로 사료된다. 한편 Munksgaard⁵⁰⁾은 계면활성제와 연결물질을 사용하는 결합제에서는 시간경과와 열자극에 의해 polymer와 레진사이의 중합이 계속 진행될 수도 있다고 보고하였는데 본 실험에서도 GLUMA, Scotchbond 2, ALL BOND의 상아질 표면처리제로 표면 처리후 P-50으로 수복한 경우 전단결합강도가 증가한 것으로 보아 온도변화에 의해 중합이 계속 진행되었다고 사료되며, 특히 ALL BOND가 실험상에서 전단결합강도가 더 높은 이유는 resin tag의 중합수축시 레진의 수축이 상아세관의 중심부위로 일어나는 것이 아니라 tag의 주변부위쪽으로 발생되어 상아세관벽과의 결합을 유지시킴으로써 높은 전단결합강도가 나타난다고 사료된다. 또한 본 실험에서는 타 실험에서 처럼 4°C와 60°C 물속에서 30초씩 급격히 온도변화를 시키지 않고 중간에 평균 20°C 정도에서 30초간 계류시켜 완만한 온도변화를 시도하였는데 이는 실제로 구강내에서 일어나는 온도변화와 유사하다

고 사료되며 1,000회 이상의 급격한 온도변화는 임상적으로 일어날 수 없기 때문에 무의미하다고 볼 수 있어서 1,000회 이하의 온도변화 횟수가 장기간 연구에 적합하다고 사료된다.

한편 복합레진과 상아질 표면의 결합력 증진에 관한 초기의 연구로 Gwinnet⁵¹⁾와 Bowen⁵²⁾은 도말층이 치면의 에너지를 낮추어 결합에 악영향을 줌으로 상아질 표면을 산 부식시켜 smear plug를 포함한 모든 도말층을 제거하여 상아세관을 개방 시킴으로써 결합력이 증진되었다고 보고한 반면, Vojinovic⁵³⁾은 산부식을 통한 도말층 제거시 관주상아질이 침식되어 치질에 레진이 장기간 결합되기 어렵다고 하였고, Tonder⁵⁴⁾는 산용액을 이용한 도말층 제거시 상아세관을 통한 투과도가 4-9배로 증가되어 체액이동이 일어나서 상아질 표면 전조가 어렵게 되어 낮은 결합강도가 나타난다고 하였으며, Tao⁵⁵⁾는 도말층이 제거되어 개방된 상아세관으로 결합제나 레진의 침투가 400 μ m이하이고 치밀하지 않아 체액유동을 막지못해 낮은 결합력을 나타낸다고 보고하였다. 또한 Pashley⁵⁶⁾는 smear plug의 제거는 수복물과 치질간 미세누출을 통한 미생물 침투시 보호막으로서 작용하지 못해 치수염증을 야기한다고 보고하였고 Vojinovic⁵³⁾과 Michelich⁵⁷⁾는 도말층이 자연적인 와동성장재로서 상아세관내로의 세균침투를 막는다고 하였고 Pashley⁵⁸⁾는 체액유동의 85-90%를 감소시킬 수 있다고 하였으며, Dippel⁵⁹⁾은 smear plug만 존재하더라도 체액유동을 상당히 감소시킬 수 있다고 하였다. 그러나 Scotchbond와 같이 도말층을 제거하지 않고 이용하는 결합제를 사용시 최대 6MPa 정도의 낮은 결합강도가 나타났는데 이는 도말층내의 응집강도가 상아질 표면에서보다 높기 때문에 도말층이 처리되지 않은 경우 결합강도의 증진은 한계성이 존재한다고 보고되었다⁶⁰⁾. 따라서 최근에 개발된 3세대 결합제들은 결합력을 증진시키기 위해 상아질 표면처리제를 사용하여 도말층을 제거하거나 변형시켰으며 상아질 표면처리제는 smear plug와 관주상아질을 손상시키지 않고 결합에너지가 낮은 표층부의 도말층을 제거하며 치질의 무기질 또는 유기질과 수소결합 또는 이온결합을 할 수 있는 다원자가의 고분자 물질로 구성되어 있다.

Berry⁶⁰⁾은 적정농도에서 사용되는 polyacrylic

acid는 낮은 점도를 가진 polymeric acid이기 때문에 smear plug에 영향을 주지 않으면서 도말층 처리를 해주는 동시에 치질과 수소결합을 하는 카르복실기를 포함하고 있어 상아질표면에 효과적인 습윤을 유지시킬 수 있다고 하였고 Ca같은 무기물을 용해시키는 양이 미세하여 글라스 아이오노머 시멘트의 치질에 대한 화학결합을 방해하지 않는다고 보고하였다. 본 실험에서 10% polyacrylic acid인 GC-DENTIN CONDITIONER로 삭제 상아질면을 처리하고 Scotchbond 2내의 Adhesive agent와 복합레진으로 수복시, 전단결합강도는 온도변화 전, 후 모두 다른 상아질 표면처리제에 비해 낮았는데 이는 polyacrylic acid로 처리된 상아질면은 레진계통의 Adhesive agent가 결합하는 데는 좋은 조건이 되지 못하는데 기인한 것으로 사료된다. Kazuyoshi⁶¹⁾는 상아질 표면을 10% 구연산과 3% ferric chloride의 혼합물(10-3용액)로 도말층을 처리하고 광중합성의 결합제를 도포하여 광중합 시킨 다음 복합레진 수복시 13.3MPa의 높은 전단결합강도를 보고하였으며, 또한 0.3 EDTA 2Na-0.2M EDTA FeNa (EDTA 3-2)로 처리하여 광중합성의 결합제를 도포하고 레진 수복시 GLUMA의 Cleanser인 0.5M EDTA보다 높은 전단결합강도가 나타남이 보고되었는데⁶²⁻⁶⁴⁾, 이는 ferric 이온이 중합을 촉진시키며 탈회된 상아질의 교원섬유를 변형시키지 않음으로써 계면활성제나 연결물질의 상아세관내로의 확산을 촉진시키기 때문이라고 하였다. 본 실험에서 10-3용액으로 상아질 표면을 처리한 경우 Kazuyoshi⁶¹⁾의 연구보다 낮은 전단결합강도가 측정된 이유는 실험시편에서 레진수복 면적의 차이 때문이라고 사료된다.

한편 GLUMA system에서 제조자인 Bayer는 GLUMA Sealer로 얇은 막을 형성시킨 다음 단순한 습윤제로 사용하기 위해 광중합을 시키지 않았으나 GLUMA Sealer를 광중합시키지 않은 경우 전단결합강도는 4.5-8MPa정도이며 GLUMA Sealer대신 65% Bis-GMA와 35% HEMA로 구성된 Scotchbond 2의 Adhesive agent를 도포하여 광중합시킨 경우 15MPa 정도의 높은 전단결합강도를 얻었고⁶⁵⁾ Mowery³⁶⁾는 GLUMA system에서 복합레진과 bonding agent를 동시에 광중합하는 경우와 각각 달리 광중합시킨 경우에서 온도변화후 전단결합강도 측정

시 통계적 유의성은 없지만 각각 달리 광중합시킨 경우에서 높은 전단결합강도가 측정되었다고 보고하였는데 본 실험에서도 GLUMA Cleanser와 Primer로 실험한 군에서 GLUMA Sealer 대신 Scotchbond 2의 Adhesive agents를 도포한 후 광중합시켜 실험한 결과, Scotchprep으로 실험한 군과 비교시 수치상 열등하나 통계적 유의성이 없는 전단결합강도를 나타내었다. GLUMA system의 결합기전은 0.5M EDTA(pH=7.4)로 도말층을 처리하여 무기질을 제거하고 교원섬유를 노출시킨 뒤 5% glutaraldehyde가 교원섬유의 amino group과 1:2 비율로 결합하여 물분자가 빠져나가고 HEMA의 활성화된 hydroxyl group과 결합, N-(hydroxylalkyl) compound를 형성하여 상아질 표면에 이중결합의 중합층을 형성, 레진과 상아질 사이의 결합을 유도하는데 이는 순수한 화학적 결합이라 할 수 있으나 0.5M EDTA로 삭제 상아질면을 처리할 때 화학결합에 이용되는 교원섬유의 양을 감소시켜 결합강도가 낮아지므로 장래에는 교원섬유를 변형시키지 않는 다른 도말층처리 방법이 연구되어야 한다고 사료된다.

Scotchbond 2의 자세한 결합기전은 밝혀지지 않았지만 Scotchprep에 포함되 maleic acid로 부분적인 도말층 제거가 일어나고 친수성의 HEMA가 무기질과 이온결합을 하여 습윤력을 증가시키며 소수성인 Bis-GMA와 친수성인 HEMA로 구성된 Adhesive agent가 상아세관내까지 침투되어 중합을 일으킴으로써 결합이 일어난다고 보고있다.

Tenure system과 유사한 결합기전을 갖는 ALL BOND는 위의 결합제와는 달리 도말층을 산처리하지 않은 상태에서, 한쪽은 무기질과 결합할 수 있는 카르복실기 사슬을 갖고 다른 한쪽은 polymer 사슬을 갖는 HEMA(pH=4.4)가 도말층을 통과하여 습윤력을 증가시킨 다음 계면활성제인 NTG-GMA와 연결물질인 BPDM이 상아세관까지 침투되어 반응함으로써 중합층을 형성하며, 중합수축시 resin tag와 상아세관 벽과의 관계에서 tag의 중앙이 비어있고 상아세관 벽과 결합을 유지하고 있다. 본 실험에서 ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리시 가장 높은 전단 결합강도를 보였는데 임상에서 사용시 도말층이 제거되지 않음으로써 상아세관 투과도가 감소하고 따라서 체액유동이 일어나지

않아 가수분해가 적게 일어날 것이고, 화학적 결합을 하는 유기질과 무기질의 용해가 없기 때문에 더욱 높은 결합력을 나타낼 수 있을 것으로 사료된다. 이는 온도변화후 전단결합강도가 유의성있게 증가된 본 실험의 결과로서도 어느정도 입증된다 할 수 있다.

최근 Bitter⁶⁶⁾ 15초동안 25% tannic acid로 도말층을 처리하고 Methylene blue dye를 이용하여 상아세관내로 침투정도를 측정한 결과 6% 구연산보다 낮은 침투정도를 나타냈는데 이는 tannic acid가 교원섬유와 수소결합을 하여 단백질을 응고시킴으로써 상아세관 입구를 막거나 좁혀주기 때문이라 하였고 이로서 tannic acid는 보다 효과적으로 도말층을 처리할 수 있다고 하였는데 복합레진 수복후 전단결합강도의 연구가 필요하다고 사료된다.

미소경도 측정은, 표면 처리한 상아질면과 전단결합강도 측정후 파절면에서 상아질 표면상태를 알아보기 위해 실시하였는데 4-Meta의 10-3용액으로 산 처리한 경우 전단결합강도 측정후의 파절면에서의 미소경도가 상아질 표면처리후 상아질면에서의 미소경도보다 유의성있는 증가를 나타내었다. 이는 레진이 열려진 상아세관으로 침투되어 파절면에서 높은 경도를 나타낸 것으로 사료되며 본 실험의 이런 결과는 Kazuyoshi⁶⁷⁾의 실험성과 일치한다. ALL BOND의 표면처리제로 처리한 군에서는 전단결합강도 측정후의 파절면에서 유의성있는 미소경도의 감소를 보였는데, 이같은 현상은 상아질면에서 응집성 파절이 일어나 미소경도가 낮은 상아질 표면이 노출되었기 때문이라고 사료된다.

파절면 양상 관찰시 대조군은 도말층과 상아질 표면사이에서 부착성 파절이 나타났다. GC-DENTIN CONDITIONER와 10-3용액으로 처리한 군에서는 모든 시편에서 Adhesive agent와 상아질 사이에서 부착성 파절양상이 나타났다. GLUMA, Scotchbond 2, ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군들에서는 온도변화 전, 후의 레진 또는 상아질내에서, 응집성파절양상이 관찰되었고 특히 ALL BOND 상아질 표면처리제로 처리한 군은 온도변화 전, 후에서 각각 3개와 6개의 응집성 파절양상이 나타나서 타군과 비교시 응집성 파절이 많이 관찰되었다. 또한 GLUMA, Scotchbond 2, ALL

BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서는 온도변화 전보다 온도변화 후에서 응집성 파절양상이 많이 관찰되었다. 이런 응집성 파절양상은 높은 전단결합강도와 일치한 것으로서 결합강도와 파절면 양상은 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 이 같은 파절면 양상은 Prati등⁶⁷⁾과 Phillips등⁶⁸⁾이 보고한 것과 일치하였다.

이같은 최근에 개발된 결합제의 결합능력은 온도변화후 증진되는 것으로 나타났으나 전단결합강도 뿐만 아니라 변연 미세누출에 관한 연구가 함께 평가되어야 하며 임상에 적용하기 위해서는 생물학적 적합성등의 생체내 실험이 이루어져야 하고 개발된 결합제의 확실한 결합기전이 밝혀져야 할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

치주질환 및 지지주위염으로 발거된 75개 치아에서 150개 시편을 얻은후 6군으로 나누어 5개군의 실험시편에 5종의 상아질 표면처리제 즉, GC-DENTIN CONDITIONER, 4-Meta의 10-3 용액, GLUMA의 Cleanser와 Primer, Scotchbond 2의 Scotchprep, ALL BOND의 DENTIN CONDITIONER와 PRIMER A+B를 사용하여 표면처리하고, 대조군은 상아질 표면을 처리하지 않았으며 모든 시편에 Scotchbond 2의 Adhesive agent를 도포하고 구치부 레진을 수복한후 60개 시편은 700회의 온도변화를 시행하였다. 그후 온도변화 전, 후의 전단결합강도 및 상아질 표면의 미소경도, 파절면 양상등을 측정하여 비교, 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 온도변화 전의 결합강도는 ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서 다른 군들에 비해 높게 나타났다(P<0.01).
2. 온도변화 후의 전단결합강도는 GLUMA, Scotchbond 2, ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군이 처리하지 않은 군, GC-DENTIN CONDITIONER 4-Meta의 상아질 표면처리제로 처리한 군에 비해 높게 나타났으며(P<0.01), ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군은 Scotchbond 2의 상아질 표면처리제로 처리한 군을 제외한 다른 군들에 비해 높게 나타났다(P<0.01).

3. 온도변화 전에 비해 온도변화 후의 전단결합강도는 처리하지 않은군, GC-DENTIN CONDITIONER, 4-Meta의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서 감소하였고 GLUMA, Scotchbond 2의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서는 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다. ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서 온도변화 전보다 온도변화후 전단결합강도의 유의한 증가가 있었다(P<0.01).
4. 표면처리된 상아질 표면과 전단결합강도 측정후 파절된 상아질 표면의 미소경도는 10-3용액으로 처리한 군에서 증가하였고 ALL BOND의 상아질 표면처리제로 처리한 군에서는 감소하였다(P<0.01).
5. GLUMA, Scotchbond 2, ALL BOND의 상아질 표면 처리제로 처리한 군에서 부착성 파절양상보다 응집성 파절양상이 많이 나타났다.

참 고 문 헌

1. Stanford, J. W. : Bonding of restorative materials to dentin. *Int. Dent. J.*, 35 : 133, 1985.
2. Asumussen, E. and Munksgaard, E. C. : Bonding of restorative resins to dentin promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int. Dent. J.*, 35 : 160, 1985.
3. Hansen, E. K. and Asmussen, E. : Comparative study of dentin adhesives. *Scand. J. Dent. Res.*, 93 : 980, 1985.
4. Buonocore, M. G. : Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.*, 34 : 849, 1955.
5. Bowen, R. L. : Adhesive bonding of various materials to hard tissues : Bonding to dentin promoted by a surface active comonomer. *J. Dent. Res.*, 44 : 895, 1965.
6. Mjör, I. A., Hensten-Pettersen, A. and Bowen, R. L. : Biological assessments of experimental cavity cleanser. Correlation between in vitro and in vivo studies. *J. Dent. Res.*, 61 : 967, 1982.
7. Stanly, H. R., Going, R. E. and Chauncey, H. H. : Human pulp response to acid pretreatment

- of dentin and to composite restoration. *JADA*, 91 : 917, 1975.
8. Eriksen, H. M. : Pulpal response of monkeys to composite resin cement. *J. Dent. Res.*, 53 : 565, 1974.
 9. Phillips, R. W. : Advancements in adhesive restorative dental materials. *J. Dent. Res.*, 45 : 1662-1667, 1966.
 10. Nakabayashi, N. : Biocompatibility and promotion of adhesion to tooth substrated. *CRC Crit. Rev. Biocompt.*, VI : 25-52.
 11. Buonocore, M. G., Wileman, W. and Brudevold, F. : A report on a resin capable of bonding to human dentin surfaces. *J. Dent. Res.*, 35 : 846-851, 1956.
 12. Omura, I., Yamauchi, J. and Wada, T. : A new dentin bonding agent and its adhesive properties. *J. Dent. Res.*, 64 : 623, 1985.
 13. Fusayama, T., Nakamura, M. and Kurosak, N. : Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J. Dent. Res.*, 58 : 1364-1370, 1979.
 14. Blosser, R. L. : Time dependence of 2.5% nitric acid solution as an etchant on human dentin and enamel. *Dent. Mater.*, 6 : 83-87, 1990.
 15. Brannström, M. and Nordenvall, K. J. : Effect of acid etching on enamel, dentin, and inner surface of the resin restoration : A scanning electron microscopic investigation. *J. Dent. Res.*, 56 : 917, 1977.
 16. Retief, D. H., Austin, J. C., and Fatti, L. P. : Pulpal response to phosphoric acid. *J. Oral Pathol.*, 3 : 114-122, 1974.
 17. Mair, L. H. : Surface permeability and degradation of dental composites resulting from oral temperature changes. *Dent. Mater.*, 5 : 247-255, 1989.
 18. Gwinnett, A. J. : The morphologic relationship between dental resins and etched dentin. *J. Dent. Res.*, 56 : 10 : 1155-1160, 1977.
 19. Lee, H. L., Orlowsky, J. A., Scheidt, G. C. and Lee, J. K. : Effect of acid etchants on dentin. *J. Dent. Res.*, 52 : 1228-1233, 1973.
 20. Rider, M., Tanner, A. M. and Kenney, 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.
 21. Torney, D. L. : The retentive ability of acid etched dentin. *J. Prosthet. Dent.*, 39 : 169-172, 1978.
 22. Vanherle, G. and Smith, D. C. : Posterior composite resin dental restorative materials. *Scand. J. Dent. Res.*, 93 : 297-198, 1985.
 23. Nakabayashi, N. : Bonding of restorative materials to dentin-the present status in Japan. *Int. Dent. J.*, 35 : 145, 1985.
 24. Nakamichi, I., Iwaku, M. and Fusayama, T. : Bovine teeth as possible substitute in adhesion test. *J. Dent. Res.*, 62 : 1076-1081, 1983.
 25. Creo, A. L., Shumakar, D. E. and Stoffels, L. M. : SCOTCHBOND LIGHT CURE DENTAL ADHESIVE PRODUCT PROFILE, 1984.
 26. Retief, D. H., Gross, J. D. and Bradly, E. L. : Tensile bond strengths of dentin bonding agent to dentin. *Dent. Mater.*, 2 : 72-77, 1986.
 27. Setcos, J. C. : Dentin bonding in perspective. *Am. J. Dent.*, 1 : 173-175, 1988.
 28. Bowen, R. L. and Cobb, E. N. : A method for bonding to dentin and enamel. *JADA*, 107 : 734, 1984.
 29. Bowen, R. L. : Bonding of restorative materials to dentin : the present status in the United States. *Int. Dent. J.*, 35 : 155, 1985.
 30. 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. Rest.*, 61(9) : 1070, 1982.
 31. Munksgaard, E. C. and Asmussen, E. : Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixture of HEMA and glutaraldehyde. *J. Dent. Res.*, 63(8) : 1087, 1984.
 32. Eliades, G. C. and Caputo, A. A. : Composition, wetting properties and bond strength with dentin of 6 new dentin adhesives. *Dent. Mater.*, 1 : 170, 1985.

33. Chappell, R. P. and Eick, J. D. : Shear bond strength and Scanning electron microscopic observation of four dental adhesives. *Quint. Inter.*, 21(4) : 303-310, 1990.
34. Stanford, J. W. Sabri, Z. and Jose, S. : A comparison of the effectiveness of dentin bonding agent. *Int. Dent. J.*, 35 : 139, 1985.
35. Negm, M. M., Combe, E. C. and Grant, A. A. : Factors affecting the adhesion of polycarboxylate cement to enamel and dentin. *J. Prost. Dent.* 45 : 405-410, 1981.
36. Mowery, A. S., Parker, M. and Davies, E. S. : Dentin bonding ; The effect of surface roughness on shear bond strength. *Oper. Dent.* 12 : 91-94, 1987.
37. Manabe, A. and Finger, W. J. : Dentin surface roughness vs. bond strength of dentin adhesive. *IADR-CED*, 1988. Abstrace.
38. Aboush, Y. E. Y. and Jenkins, C. B. G. : Factors affecting the tensile bond strength of a glass-ionomer restorative to dentin. *T. Dent. Res.*, 63 : 511, 1984.
39. Munksgaard, E. C., Itoh, K. and Jorgensen, K. D. : Dentin polymer bond in resin fillings tested in vitro by thermo and load cycling. *J. Dent. Res.*, 64 : 1402-1404, 1985.
40. Chan, D. C., Reinhardt, J. W. and Boyer, D. B. : Composite resin compatibility and bond longevity of dentin bond agent. *J. Dent. Res.*, 66 : 292, 1987.
41. O'Brien, J. A., Retief, D. H. and Bradley, E. L., : Shear bond strength of new dentin bonding restorative system. *J. Dent. Res.*, 66 : 292, 1987.
42. Marchman, J. L. and Retief, D. H. : Shear bond strength of the Tenure/perfection restorative system. *J. Dent. Res.*, 67 : 220, 1988.
43. Cooley, R. L. and Dodge, W. W. : Bond strength of three dentinal adhesives on recently extracted versus aged teeth. *Dental research* 20 : 513-516, 1989.
44. Jorgensen, K. D. and Munksgaard, E. C. : Composite wall to wall polymerization contraction in dentin cavities treated with various bonding agent. *Scand. J. Dent. Res.*, 93 : 276-279, 1985.
45. Suzuki, T. and Finger, W. J. : Dentin adhesive. Site of dentin vs, bonding of composite resins. *Dent. Mater.*, In press.
46. Olsson, S. and Oilo, G. : Tensile bond strength of dentin adhesives : a comparison of materials and methods. *Dent. Mater.*, 6 : 138-144, 1990.
47. Wendt, S. C., McInnes, P. M. and Retief, D. H. : Effect of dentin surface roughness on shear bond strength. *Dent. Mater.*, 6 : 204-207, 1990.
48. Plueddeman, E. P. : Interfaces in Polymer Matrix Composites. *Academic Press*, p. 200, 1984.
49. Davidson, C. L. and Feilzer, A. : The competition between the compositedentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J. Dent. Res.*, 63 : 1396-1399, 1984.
50. Munksgaard, E. C. and Irie, M. : Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J. Dent. Res.*, 64 : 1409-1411, 1985.
51. Gwinnett, A. J. : Smear Layer ; Morphological considerations. *Oper. Dent. Supplement.*, 3 : 3-12, 1984.
52. Bowen, R. L., Eick, J. D. and Menderson, D. A. : Smear Layer : Removal and bonding consideration. *Oper. Dent. Supplement.*, 3 : 30-34, 1984.
53. Vojinovic, H. N. and Brandström, M. : Acid treatment of cavities under resin fillings ; Bacterial growth in dental tubules and pulpal reaction. *J. Dent. Res.*, 52 : 1189-1193, 1973.
54. Tonder, K. H. and Kvinnsland, I. : Micropuncture measurements of interstitial fluid pressure in normal and inflamed dental pulp in cats. *J. Endo.*, 9 : 105-109, 1983.
55. Tao, L., Pashley, D. H. and Boyd, L. : Effect of different types of smear layers on dentin enamel shear bond strengths. *Dent. Mater.*, 4 : 208-216, 1988.
56. Pashley, D. H., Linington, M. J. and Reeder, O. W. : Effect of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentin in vitro. *Arch. Oral. Biol.*, 23 : 1127, 1978.
57. Michelich, V. J., Schuster, G. S. and Pashley, D. H.

- : Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J. Dent. Res.*, 59 : 1398-1403, 1980.
58. Pashley, D.H. : Dentin-predentin complex and its permeability ; physiological overview. *J. Dent. Res.*, 64 : 613-620, 1985.
 59. Dippel, H. and Borggerven, J. : Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *J. Prosthet. Dent.* 52 : 657-662, 1984.
 60. Berry, E.A. and Herin, H.K. : Dentin surface treatment for removal of the smear layer ; A SEM study. *J. Am. Dent. Assoc.*, 115 : 65-67, 1987.
 61. Kazuyoshi, I. : Studies on bonding of light-cured bonding agent to dentin. *Jpn. J. Dent. Mater.*, 8(6) : 818-831, 1989.
 62. Shimizu, H. and Nakabayashi, N. : Adhesion of 4-META/MMA-TBB resin to bovin tooth substrated treated with EDTA. *Jpn. J. Conserv. Dent.*, 28 : 270-276, 1985.
 63. Kadoma, Y. and Kojima, K. : Studies on dental self-curing resins, XXV. Effect of ferric chloride or cupricchloride on the polymerization of methylmethacrylate. *Jpn. J. Dent. Mater.*, 2 : 495-503, 1983.
 64. Nakabayashi, N. and Takeyama, M. : Studies on dental self-curing resins, XIX. Adhesion of 4-META/MMA-TBB resin to pretreated dentin. *Jpn. J. Soc. Appar. Mater.*, 23 : 29-33, 1982.
 65. Masao, I. and Munksgaard, E.C. : Dentin polymer bond established by GLUMA and experimental bonding agent. *Jpn. J. Dent. Mater.*, 5(6) : 823-826, 1986.
 66. Bitter, N.C. : The effect of 25% tannic acid on prepared dentin ; a scanning electron microscope-methylene blue dye study. *J. Prosthet. Dent.*, 64 : 12-16, 1990.
 67. Prati, C. and Davidson, C.L. : Early marginal leakage and shear bond strength of adhesive restorative systems. *Dent. Mater.*, 6 : 195-200, 1990.
 68. Phillips, R.W. and Tasi, Y.H. : A comparative study : Bond strength and Microleakage with Dentin bond systems. *Oper. Dent.* 15 : 53-60, 1990.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 2. Fractured dentin surface of the specimen treated with 10-3 solution. Adhesive fracture is observed. x 400.
- Fig. 3. Detail of Fig. 2. Resin tags penetrating dentin tubular orifice are observed. x 1,700.
- Fig. 4. Fractured dentin surface of the specimen treated with Cleanser and Primer of GLUMA. Adhesive fracture is observed. X 400.
- Fig. 5. Detail of Fig. 4. Dentinal tubules were partially opened. x 1,700.
- Fig. 6. Fractured dentin surface of the specimen treated with Scotchprep. Adhesive fracture is observed. x 400.
- Fig. 7. Detail of Fig. 6. Resin tags were formed in dentin tubules. x 1,700.
- Fig. 8. Fractured dentin surface of the specimen treated with Cleanser and Primer of GLUMA. Adhesive and cohesive combined fracture is observed. x 50.
- Fig. 9. Fractured dentin surface of the specimen treated with Scotchprep. Adhesive and cohesive combined fracture is observed x 50.
- Fig. 10. Fractured dentin surface of the specimen treated with DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND.
Smear layer was not removed. x 400.
- Fig. 11. Fractured dentin surface of the specimen treated with DENTIN CONDITIONER and PRIMER A, B of ALL BOND.
Cohesive fracture is observed. x 50.
- Fig. 12. Detail of Fig. 11. Resin tags were filled in peritubular dentin and dentinal tubules. x 1,700.

논문 사진부도①



Fig.2

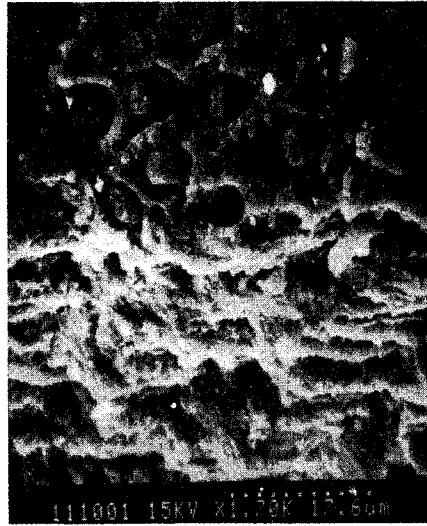


Fig.3



Fig.4

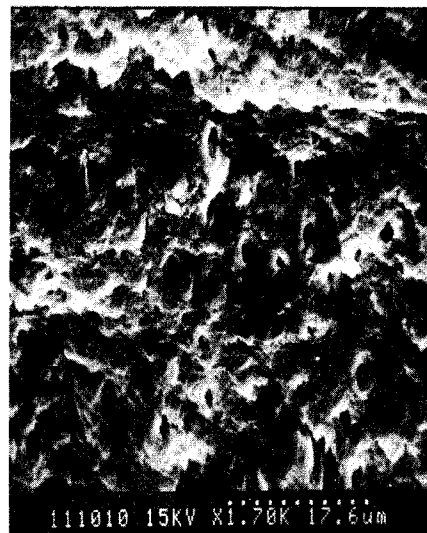


Fig.5

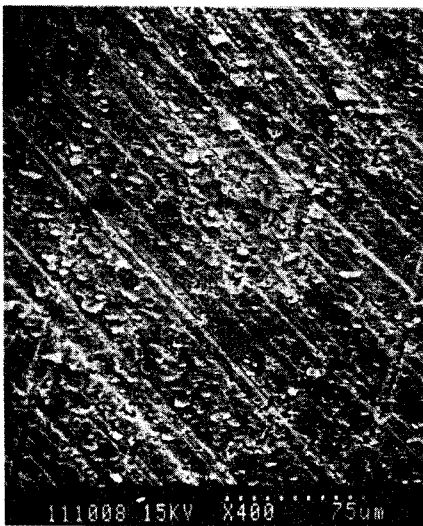


Fig.6

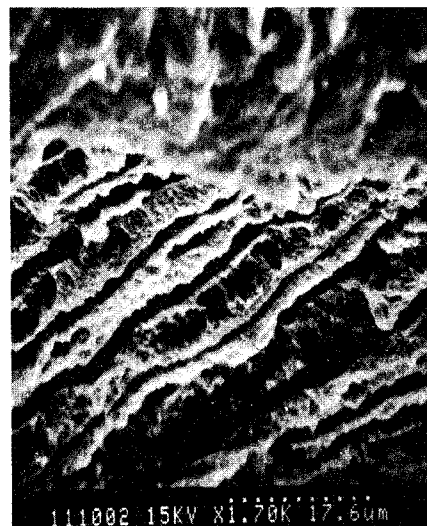


Fig.7

논문 사진부도②

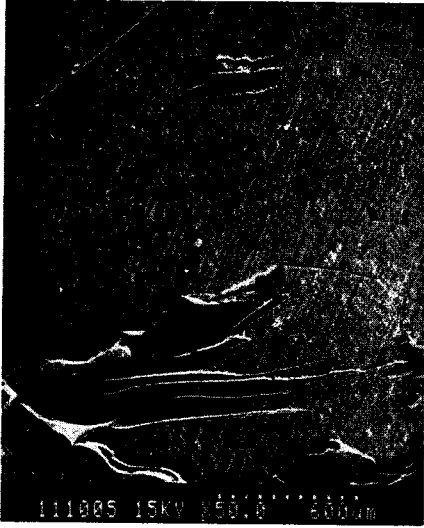


Fig.8

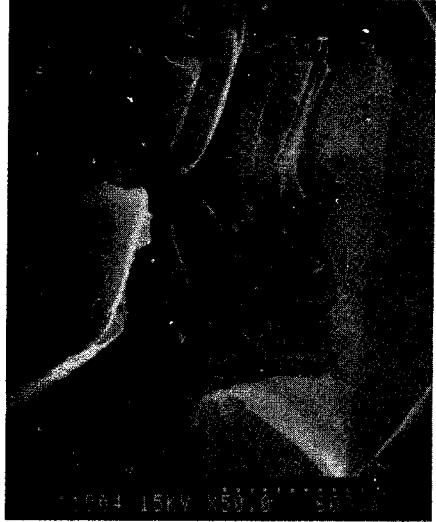


Fig.9

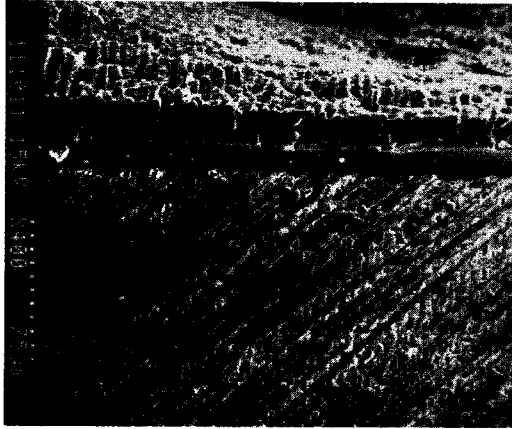


Fig.10



Fig.11



Fig.12