

## 기저재용 광중합형 글래스아이오노머의 치질 및 복합 레진 인레이에 대한 접착양상

이송희 · 김동준 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*  
전남대학교 치과대학 치과보존학교실, 치의학연구소

### ABSTRACT

#### STUDY ON THE INTERFACE BETWEEN LIGHT-CURED GLASS IONOMER BASE AND INDIRECT COMPOSITE RESIN INLAY AND DENTIN

Song-Hee Lee, Dong-Jun Kim, Yun-Chan Hwang, Won-Mann Oh, In-Nam Hwang\*  
*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, DSRI, Chonnam National University*

This study was done to evaluate the shear bond strength between light-cured glass ionomer cement (GIC) base and resin cement for luting indirect resin inlay and to observe bonding aspects which is produced at the interface between them by SEM.

Two types of light cured GIC (Fuji II LC Improved, GC Co. Tokyo, Japan and Vitrebond™, 3M, Paul, Minnesota, U.S.A) were used in this study. For shear bond test, GIC specimens were made and immersed in 37°C distilled water for 1 hour, 24 hours, 1 week and 2 weeks. Eighty resin inlays were prepared with Artglass® (Heraeus Kultzer, Germany) and luted with Variolink® II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

Shear bond strength of each specimen was measured and fractured surface were examined. Statistical analysis was done with one-way ANOVA.

Twenty four extracted human third molars were selected and Class II cavities were prepared and GIC based at axiopulpal lineangle. The specimens were immersed in 37°C distilled water for 1 hour, 24 hours, 1 week and 2 weeks. And then the resin inlays were luted to prepared teeth. The specimens were sectioned vertically with low speed saw. The bonding aspect of the specimens were observed by SEM (JSM-5400®, Jeol, Tokyo, Japan). There was no significant difference between the shear bond strength according to storage periods of light cured GIC base. And cohesive failure was mostly appeared in GIC. On scanning electron micrograph, about 30 - 120 μm of the gaps were observed on the interface between GIC base and dentin. No gaps were observed on the interface between GIC and resin inlay. [J Kor Acad Cons Dent 30(3):158-169, 2005]

**Key words:** Shear bond strength, GIC base, Interface, Resin inlay

- Received 2004. 9. 6, revised 2004. 10. 27, accepted 2004. 11. 9 -

\* Corresponding author: In-Nam Hwang

Department of Conservative Dentistry,  
College of Dentistry, Chonnam National University  
8 Hak-dong, Dong-gu, Gwangju, Korea, 501-757  
Tel: 82-62-220-4443 Fax: 82-62-225-8387  
E-mail: hinso@jnu.ac.kr

### I. 서 론

최근 심미적인 요구가 높아짐에 따라 구치부 수복 시 치아 색 수복을 원하는 환자들이 많아지고 있어 복합레진 인레이의 사용이 증가하는 추세이다. 복합레진은 심미성, 치질보존의 용이성, 치질에 대한 접착성, 낮은 열전도성, 갈바니

전류와의 무관성 그리고 방사선 불투과성 등의 장점을 갖는다<sup>1)</sup>. 그러나 복합레진을 직접법으로 충전할 경우 임상적으로 중합수축을 비롯하여 미세누출, 2차 우식, 지각과민증 등이 유발될 수 있고, 마모저항성이 낮고 수분을 흡수하여 가수분해붕괴를 일으키는 등의 결점이 있다<sup>2,3)</sup>.

직접 복합레진 충전의 문제점을 극복하기 위한 방법 중 하나가 부가 중합시킨 인레이를 합착용 레진시멘트를 이용하여 와동에 접착시키는 간접법이다. 간접법으로 제작된 인레이는 구강 외에서 대부분의 중합수축이 일어나기 때문에 직접법에 비해 미세누출과 술 후 지각과민이 감소한다는 장점을 가지며, 복합레진 자체의 물리적 성질이 향상되고, 인접면 형성 및 해부학적 형태 부여가 용이하다<sup>4,5,6)</sup>.

복합 레진 인레이 와동 형성 시 치질 손상 정도가 큰 경우 많은 예에서 기저재 (base)의 사용이 요구된다<sup>7,8)</sup>. 복합 레진 수복물 하부에 기저재로 글래스아이오노머의 사용은 '샌드위치 테크닉 (sandwich technique)'으로 오래 전부터 사용되어왔다<sup>9)</sup>. 글래스아이오노머는 남아있는 치질과 화학적 유지를 얻을 수 있고, 상아질 대용으로 사용될 수 있어 기계적 유지의 필요성을 감소시키고, 치질을 보존할 수 있다<sup>10)</sup>. 광중합형 글래스아이오노머는 경화 조절이 용이하고 자가중합형과 유사한 정도의 불소를 방출하며 사용이 편리하다는 장점을 갖는다. 또한 광조사 후 빠른 중합이 임상적으로 시간절약과 수분오염에 대한 가능성을 줄여준다<sup>11,12)</sup>.

직접 복합 레진 수복 시에는 글래스아이오노머 베이스 후 구강환경에 노출됨 없이 산 부식 (acid etching)과 접착과정을 통해 수복이 이루어진다. 이 경우 글래스아이오노머 베이스와 복합 레진 사이에 충분한 접착력을 보이지만 하부 상아질과 접착 시 상아질 와동벽을 따라 간극이 관찰되었다<sup>13)</sup>. 이러한 간극은 복합 레진의 중합 수축에 의해 야기된다고 생각된다<sup>13)</sup>. 하지만 간접 복합 레진 인레이의 경우 이러한 간극 형성에 대한 연구는 보고되지 않았다.

간접 복합 레진 인레이 수복에서는 대부분 광중합형 글래스아이오노머 베이스 후 레진 시멘트에 의해 인레이를 접착하게 된다. 이 과정에서 글래스아이오노머 베이스는 구강내 환경에 노출되게 되며, 접착과정 또한 지연되게 된다. 광중합형 글래스아이오노머는 광중합과 산-염기 반응에 의해 중합되므로<sup>14)</sup> 구강 환경에 노출되면, 수분을 흡수하여 수화 팽창을 비롯한 다른 물리적 성질의 변화가 발생한다<sup>15,16)</sup>. 또한, 간접 복합 레진 인레이 수복 시 복합레진의 중합수축은 접착에 관련된 레진시멘트에서만 발생하므로 광중합형 글래스아이오노머와 상아질 계면에서 간극 형성에 직접법에서와 같은 영향을 미칠지는 미지수이다.

이에 본 연구에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 두 가지 광중합형 글래스아이오노머 시멘트를 사용하여 접착까지 경과된 시간에 따른 베이스와 인레이의 전단 결합강도를 측정하고, 상아질과 광중합형 글래스아이오노머 및 광중합

형 글래스아이오노머와 복합 레진 인레이 접착 계면에 대해 주사전자 현미경 (SEM)으로 관찰해 각 계면에서의 접착양상과 간극 형성여부에 대해 구명 해보고자 한다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

기저재로는 광중합형 글래스아이오노머인 Fuji II LC (GC Co, Tokyo, Japan)와 Vitrebond™ (3M, Paul, Minnesota, U.S.A)를 사용하였고, 복합레진인레이 제작을 위해서 간접 수복용 복합레진인 DA3 색조의 Artglass® (Heraeus Kultzer, Germany)를 사용하였다. 레진시멘트로는 이원 중합형 레진 시멘트인 Variolink® II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를 사용하였다.

### 2. 시편 제작

#### 1) 글래스아이오노머 베이스 시편

글래스아이오노머 베이스 시편 제작을 위해 내경 10 mm, 깊이 5 mm의 주형을 사용하였다. 광중합형 글래스 아이오노머 Fuji II LC와 Vitrebond를 제조회사의 지시대로 혼합하여 2 mm씩 적층 충전하였다. 글래스아이오노머를 와동에 충전한 후 표면을 일정하게 하기 위해 슬라이드 글라스로 압착하여 여분의 재료를 제거한 다음 광중합기인 Optilux® 501 (Demetron, USA)을 사용하여 제조회사의 지시에 따라 Fuji II LC는 20초, Vitrebond는 30초간 광중합하였다. 제작된 글래스아이오노머 베이스 시편을 37℃ 증류수에 1시간, 24시간, 1주 및 2주간 보관하였다.

#### 2) 복합레진 인레이 시편

복합레진 인레이 시편에 균일한 접착 면적을 부여하기 위해 slide glass 위에 내경 5 mm, 높이 7 mm의 silicon mold를 위치시킨 후 DA3 색조의 Artglass를 충전하여 40초간 광중합하였다. 2차 중합은 Artglass 전용 중합기인 Uni-XS® (Heraeus Kultzer, Germany)를 이용해 제조회사의 지시에 따라 180 unit 동안 부가 중합하였다.

### 3. 인레이 합착

복합레진 인레이 내표면은 Microcap™ (Danville-engineering, Inc., U.S.A)을 이용하여 접착면에 균일하게 50 μm aluminum oxide particles로 sandblasting 한 후 silane (Monobond-S, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 처리하였다.

글래스아이오노머 베이스 면은 도말층 (smear layer)을

**Table 1.** Materials used in this study

Product brand	Component	Lot number	Manufacturers
Fuji II LC	Powder 15 g	0304091	GC Co, Tokyo, Japan
	Liquid 8 g	0304021	
Vitrebond™	Powder 9 g	3EN200603	3M ESPE, Minnesota, U.S.A
	Liquid 5.5 ml	3CM200602	
Artglass®	single paste 4 g	020125	Heraeus Kultzer, Germany
Variolink® II	Total Etch	F56302	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
	Monobond S		
	Excite® DSC		
	Variolink® II base		
	Variolink® II catalyst		

**Table 2.** Adhesion procedure of Variolink® II

Resin cement	Dentin conditioning & Priming	Luting procedure
Variolink® II	Total-etch for 15s	Mixed equal volume of
	Rinse and keep slightly moist	base and catalyst paste
	Excite brush for 10s, air dry	Light cure for 40s

제거하기 위해 # 1500 사포로 연마한 후 37% 인산 (ETCH-37™, Bisco, U.S.A)으로 30초간 산부식 하였다. 산부식 후 20초간 수세하고 10초간 건조하였다.

선택된 레진시멘트 Variolink® II를 제조회사의 지시에 따라 혼합하여 적용하였고, 880g의 일정한 압력으로 복합 레진 인레이를 접착면에 위치시키고 인접면과 교합면 방향에서 각각 40초간 광중합하였다.

4. 접착 양상 평가

1) 전단 결합강도 측정

만능 물성시험기 (Model 4302, Instron, U.S.A)를 이용하여 전단 결합강도를 측정하였다. 시편을 고정대에 고정하고 결합면에 1 mm/min의 속도로 1000 g의 하중을 가하여 기저재료로부터 복합레진 인레이가 분리될 때의 최대하중을 구하여 이를 단위 면적 당 결합강도로 환산하였다.

2) 파단면 양상 관찰

파절된 시편의 파단면을 관찰하여 광중합형 글래스이오노머 내부에서 발생한 응집 파괴 (Cohesive failure)와 글래스이오노머와 복합레진 인레이 접착계면에서 발생한 접착 파괴 (adhesive failure)로 구분하였다.

3) 통계 분석

보관기간에 따른 각 군간의 전단 결합강도에 대한 통계적 유의성 검정을 위해 one-way ANOVA를 이용하였으며, 재료간 유의성 검정을 위해 unpaired T-test를 시행하였다.

5. 접착 계면의 주사전자현미경(SEM) 관찰

1) 시편제작

우식이나 결함이 없는 발거된 3대구치 16개를 이용하였으며, 발거 후 탈수를 막기 위해 37℃ 증류수에 보관하였다. 각 군당 2개 치아 씩 330번 텅스텐 카바이드 버 (tungsten carbide bur)를 이용해 주수하에 고속 핸드피스로 2급 와동을 형성하였다. 각각의 와동은 비슷한 크기와 형태로 약 2 mm 깊이에 직각 변연 (butt joint margin)을 갖도록 하였고, 치수측벽 선각 (axiopulpal lineangle) 부위를 제거하여 기저재료를 위한 공간을 형성하였다. 광중합형 글래스이오노머는 제조자의 지시에 따라 혼합하여 치수측벽 선각 부위에 약 1 mm 두께로 적용하여 광중합하였다. 와동의 외형을 마무리 한 후 Aquasil™ LV (Dentsply/Caulk, U.S.A)로 인상채득 하였고, Fermit® (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)으로 임시 수복하였다. 각 군에 따라 일정기간 (1시간, 24시간, 1주, 2주)동안 37℃ 증류

수에 보관 후 복합 레진 인레이를 접착하였다.

인상체로 작업 모형을 제작하고 Artglass를 사용하여 복합 레진 인레이를 제작하였다. 인레이 내면은 sandblasting 및 silane 처리하였고, 레진 시멘트로 Variolink II를 사용하여 제조자의 지시에 따라 치아에 접착하였다.

접착이 완료된 시편은 37°C 증류수에 24시간 보관 한 후 아크릴릭 레진에 매몰하여 Isomet™ (Buehler, Lake Bluff, IL USA)을 이용하여 약 2 mm 두께로 근원심 방향으로 수직 절단하였다.

2) 주사전자 현미경 관찰

절단된 시편은 2000 grit SiC paper로 습윤 연마하였고, Critical point dryer® (HCP-2, Hitachi, Japan)를 이용하여 임계점 건조하고, ion sputter® (E-1030, Hitachi, Japan)를 이용하여 1분간 10 nm의 gold를 coating 한 후 JSM-5400® (Jeol, Tokyo, Japan)을 이용하여 35 배율로 와동벽에 글래스 이오노머의 접착정도를 관찰하고, 복합 레진과 글래스이오노머, 글래스이오노머와 상아질의 접착계면을 500 배율로 관찰하였다.

III. 연구결과

1. 전단 결합강도

1) 결합강도

시간경과에 따른 글래스이오노머 베이스와 복합레진 인레이 사이의 평균 전단 결합강도는 다음과 같다 (Table 3, 4).

Fuji II LC를 사용한 군에서는 1주일 시편에서 최대 결합강도인 15.17 ± 3.5 MPa를 나타냈고, 24시간 경과된 시편에서 최소 결합강도인 12.13 ± 4.38 MPa를 보였으나 시간경과에 따른 통계적 유의성은 없었다. Vitrebond를 사용한 군에서는 1시간 경과한 시편에서 최대 결합강도인 15.14 ± 1.96 MPa를 보였고, 1주 경과된 시편에서 최소 결합강도인 12.00 ± 1.22 MPa를 보였으나 역시 시간 경과에 따른 통계적 유의성은 없었다. 또한 Fuji II LC와

**Table 3.** Shear bond strength between resin inlay and Fuji II LC (Mean ± S.D, n = 10)

Storage periods	Shear bond strength (MPa)
1 hour	14.00 ± 1.84
24 hours	12.13 ± 4.38
1 week	15.17 ± 3.50
2 weeks	14.78 ± 3.56

Vitrebond 사이에 재료에 따른 결합강도의 차이도 없었다 (Figure 1).

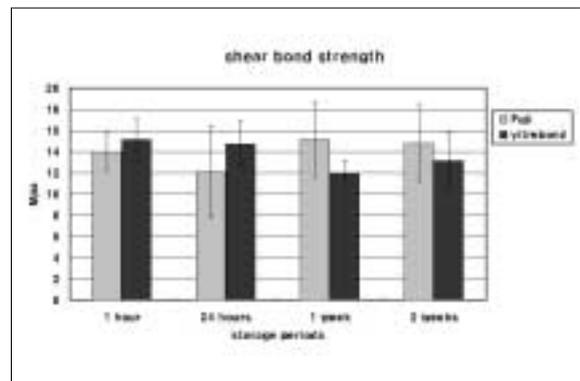
2) 파단면 양상

결합강도 측정 후 파절된 시편의 파단면을 관찰한바 크게 두 가지 양상으로 파절양상을 분류할 수 있었다 (Table 5). 모든 군에서 일부 접착계면에서 파절을 포함하는 글래스이오노머 베이스의 응집 파괴 (Cohesive failure)가 가장 많았으며, 일부에서 글래스이오노머와 시멘트의 접착 계면에서의 접착 파괴 (Adhesive failure)가 관찰되었다.

Fuji II LC를 베이스로 사용한 군에서는 대부분 응집 파괴가 일어났으나 Vitrebond를 사용한 군에서 일부 접착 파괴가 관찰되었다.

2. 주사전자현미경 소견

광중합형 글래스이오노머 베이스와 상아질, 베이스와 복합레진 인레이 사이 계면을 35배와 500배로 관찰하였다. 광중합형 글래스이오노머와 레진시멘트 사이의 접착은



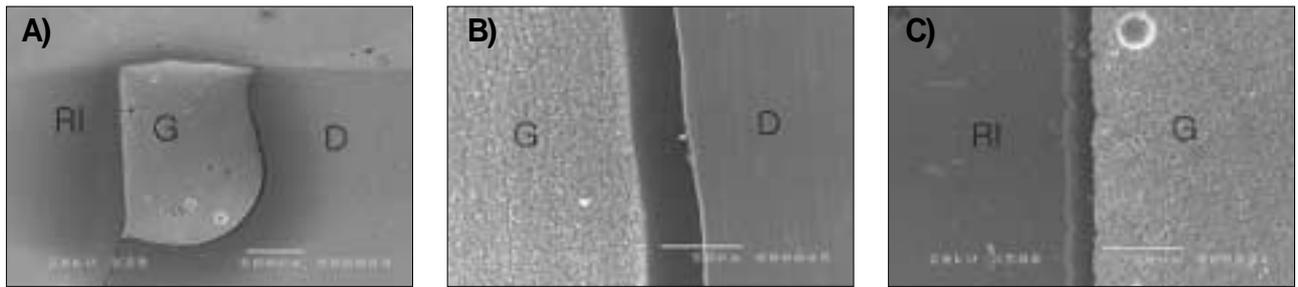
**Figure 1.** Comparison of the shear bond strength between light cured glass-ionomer & resin inlay according to storage periods.

**Table 4.** Shear bond strength between resin inlay and Vitrebond™ (Mean ± S.D, n = 10)

Storage periods	Shear bond strength (MPa)
1 hour	15.14 ± 1.96
24 hours	14.75 ± 2.21
1 week	12.00 ± 1.22
2 weeks	13.15 ± 2.70

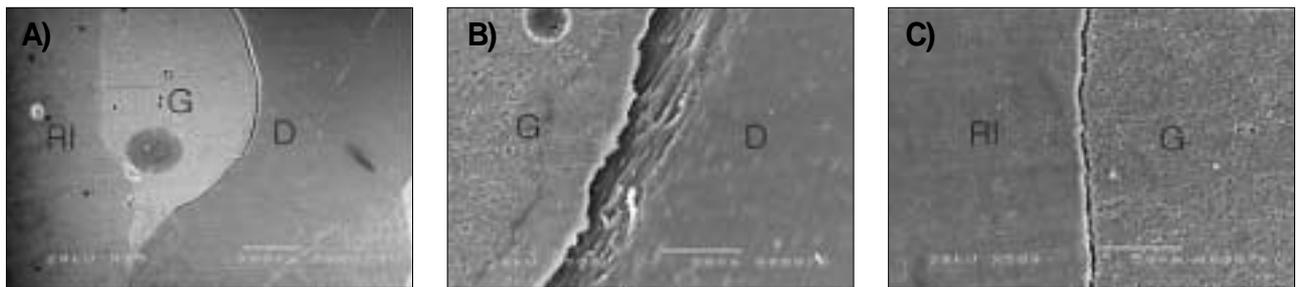
**Table 5.** Failure mode in each group (n = 10)

Base material	Storage period	Cohesive failure	Adhesive failure
Fuji II LC	1 hour	10	0
	24 hours	9	1
	1 week	10	0
	2 weeks	10	0
Vitrebond™	1 hour	10	0
	24 hour	8	2
	1 week	8	2
	2 weeks	9	1



**Figure 2.** SEM image of indirect composite restoration based with Fuji II LC Improved after 1 hour.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)

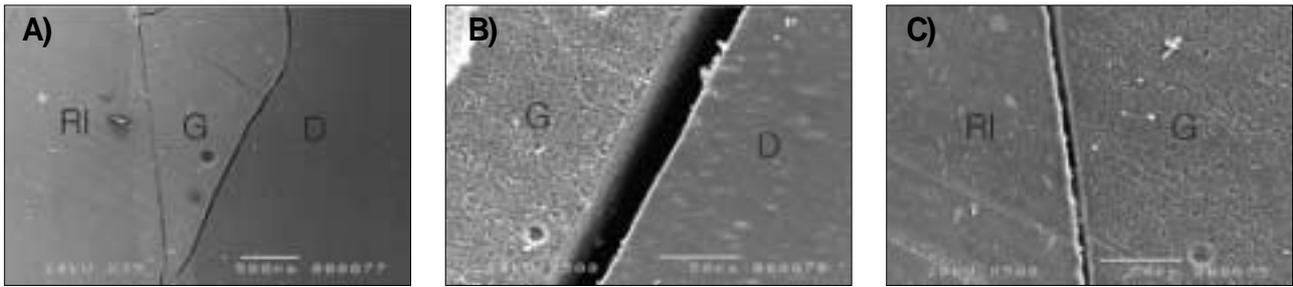


**Figure 3.** SEM image of indirect composite restoration based with Fuji II LC Improved after 24 hours.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)

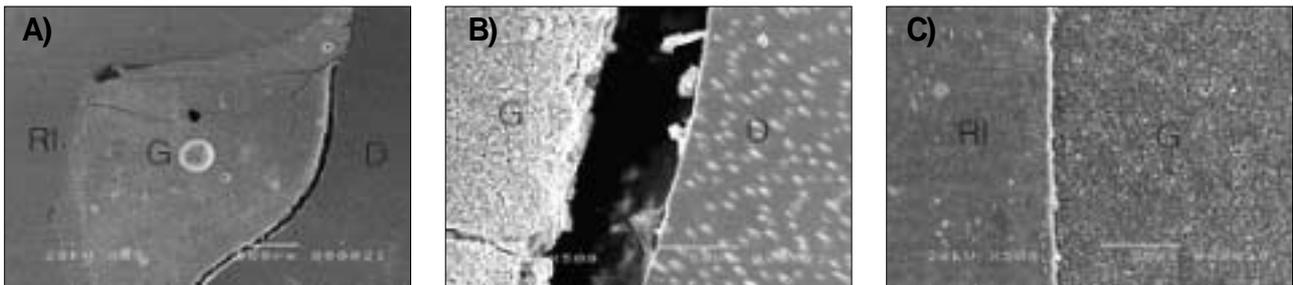
사용된 베이스 종류와 보관 기간에 무관하게 대부분 간극없이 매우 근접되어 있지만, 1시간 후 인레이 접착한 시편에서 Fuji II LC와 Vitrebond 모두 약 10 μm 정도의 간극이 관찰되었다 (Figure 2, 6).

그러나, 베이스와 상아질 계면에서는 광중합형 글래스아이오노머 종류와 무관하게 간극이 관찰되었다. Fuji II LC군에서는 1시간, 24시간 및 1주 시편에서 약 30 μm 정도의 간극이 관찰되었고, 2주 시편에서 72 μm 정도의 간극이 관



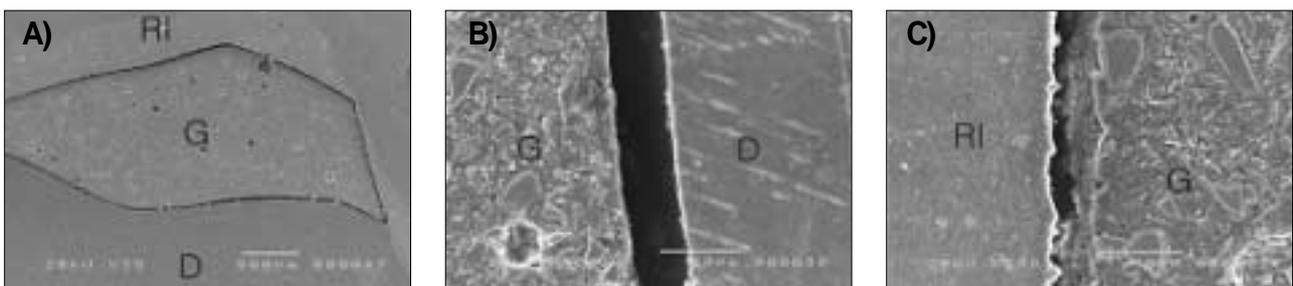
**Figure 4.** SEM image of indirect composite restoration based with Fuji II LC Improved after 1 week.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)



**Figure 5.** SEM image of indirect composite restoration based with Fuji II LC Improved after 2 weeks.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)

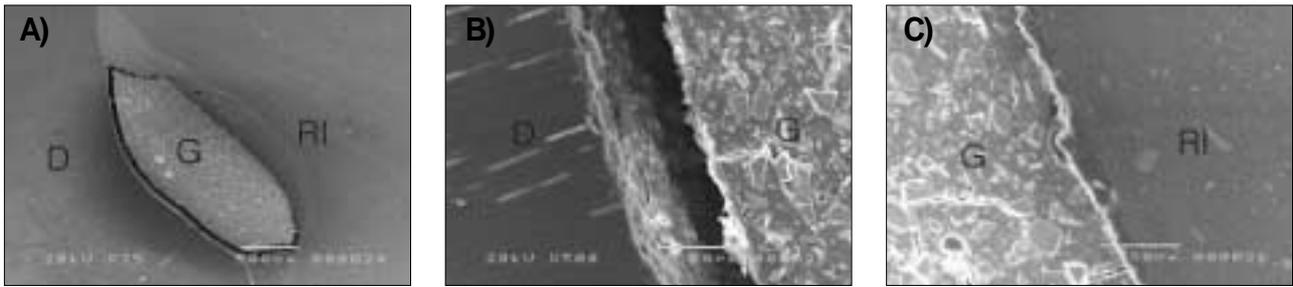


**Figure 6.** SEM image of indirect composite restoration based with Vitrebond™ after 1 hour.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)

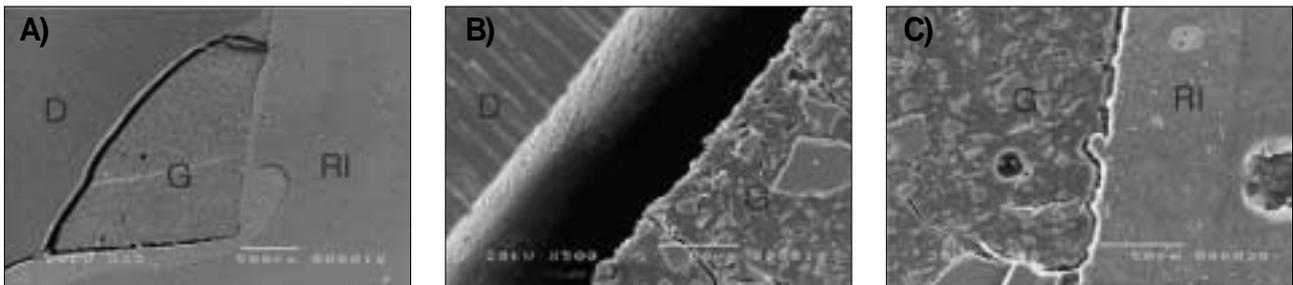
찰되었다 (Figure 2-5). Vitrebond는 1시간 시편에서 35  $\mu\text{m}$ , 24시간 시편에서 60  $\mu\text{m}$ , 1주 시편에서 90  $\mu\text{m}$ , 2주 시편에서 125  $\mu\text{m}$  정도의 간극이 관찰되었다 (Figure 6-9). Fuji

II LC와 Vitrebond 모두 상아질 와동벽을 따라 약 30-120  $\mu\text{m}$  정도의 간극이 관찰되었고, 전체 계면을 따라 간극이 관찰되지 않은 시편은 없었다.



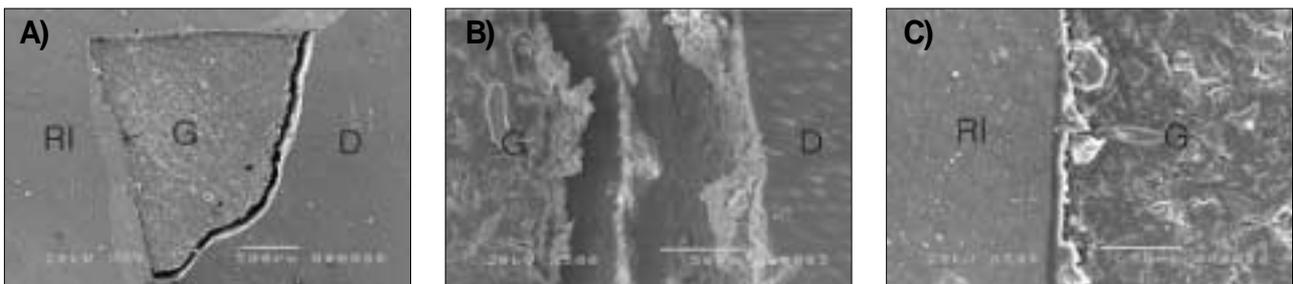
**Figure 7.** SEM image of indirect composite restoration based with Vitrebond™ after 24 hours.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)



**Figure 8.** SEM image of indirect composite restoration based with Vitrebond™ after 1 week.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)



**Figure 9.** SEM image of indirect composite restoration based with Vitrebond™ after 2 weeks.

- A) Original magnification (35 ×)
- B) Image of the glass-ionomer base/dentin interface (500 ×)
- C) Image of the composite inlay/glass-ionomer base interface (500 ×)

Abbreviation

RI: resin inlay

G: glass-ionomer cement

D: dentin

#### IV. 총괄 및 고찰

심미적인 수복에 대한 요구가 많아지면서 구치부 수복에도 복합레진의 사용이 증가하고 있다. 2급 와동에 사용할 수 있을 정도로 복합레진의 물성이 향상되었지만 재료자체의 중합수축은 복합레진의 가장 큰 단점으로 남아있다. 중합 수축은 미세누출, 이차우식, 술 후 지각과민 등을 초래할 수 있으며, 중합이 불완전하면 수복물 표면의 조기붕괴를 야기시킬 수 있다<sup>2,3,17</sup>.

중합수축 문제를 해결하기 위한 방법으로 '샌드위치 테크닉' 이나 '적층충진법' 등이 있지만 술자의 숙련도에 민감하며 적합하지 않은 변연을 가질 수 있는 문제를 가지고 있다. 또 다른 방법으로는 구강 외에서 복합레진 인레이를 제작함으로써 중합 수축의 영향을 최소화하는 것이다<sup>18</sup>. 이러한 유형의 인레이는 심미성을 만족시킬 뿐만 아니라 치질을 강화시켜 교합력을 많이 받거나 넓은 부위의 수복에도 추천된다<sup>19</sup>. 복합레진 인레이는 부가 중합기를 이용하여 구강 외에서 중합한 후 합착용 레진 시멘트를 이용하여 구강 내 와동에 접착하게 된다. 이 경우 중합수축은 레진시멘트의 얇은 막에서만 발생하게 되어 수축량이 감소되며, 부가적인 열/광중합으로 레진 자체의 물리적 성질이 향상되게 된다<sup>20,21</sup>. 또한 구강 외 작업모형상에서 제작되므로 인접면 형성과 해부학적 형태부여가 용이하며 수정하기 쉽다는 장점을 갖는다<sup>22</sup>.

Hilton<sup>8</sup>)은 '베이스(cavity base)'를 'dentin replacement to minimize bulk of restorative or to block out undercut'으로 정의하였다. 현재 간접 인레이 수복시 글래스아이오노머는 치수 보호의 목적 보다는 언더컷을 제거하는 용도로 더 많이 사용되고 있다.

글래스아이오노머는 수분에 보관 시 수화 팽창에 의해 변연봉쇄성이 향상되며 결합력이 증가된다고 한다<sup>15</sup>. 재래형 글래스아이오노머가 완전히 경화되기까지는 24시간이 필요하며, 광중합형 글래스아이오노머 또한 광조사 후 최소한 24시간의 중합시간이 필요하다<sup>23,24</sup>. 또한, 광중합형 글래스아이오노머를 수분에 저장한 상태로 보관 시 24시간까지 많은 양의 수분흡수가 발생하며, 7일 내에 대부분의 수분흡수가 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>23,24</sup>. 수분 흡수가 일어나면 굴곡 강도와 Vicker's 경도는 특히 수분에 민감하여 물성이 감소한다고 한다<sup>23</sup>. 간접 복합레진 인레이 수복의 경우 직접 복합레진 수복과 달리 글래스아이오노머 베이스 후 일정시간 경과 후에 레진 시멘트에 의해 베이스와 인레이의 결합이 이루어지게 된다. 이 과정에서 인레이의 기저재로 사용된 글래스아이오노머가 수분의 영향을 받을 것이다. 본 연구에서는 글래스아이오노머 베이스 후 경과된 시간에 따른 결합력의 차이가 있는지 알아보고자 와동 형성 후 1시간, 24시간, 1주 그리고 2주 후 인레이 접착 시 글래스아이

오노머와 복합레진인레이 사이의 결합력을 조사하였으나 연구결과 시간에 따른 글래스아이오노머 베이스와 복합레진인레이의 결합력에는 통계학적 유의성이 없는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 광중합형 글래스아이오노머 베이스 시편을 일정기간 37℃ 증류수에 보관 후 37% 인산 (ETCH-37™ Bisco, USA)으로 30초간 산부식하였는데 이는 글래스아이오노머 표면의 산처리는 접착제 및 레진에의 결합력을 매우 증가시키며, 30초 산부식 한 경우 만족스러운 결합력을 얻을 수 있었다는 연구에 따른 것이다<sup>16,25,26,27</sup>. 글래스아이오노머 표면을 30초 이상 산부식 한 경우 글래스아이오노머 표면에 침식이 발생하였으며 오히려 결합력이 감소된다고 한다<sup>28</sup>.

본 연구에서 복합레진 인레이는 도재 대응으로 고안된 간접 수복용 재료이며 polyglass인 Artglass® (Heraeus Kultzer, Germany)로 제작되었다. 구성 성분은 multi-functional methacrylates, bifunctional monomer, 25% silica fillers, microglass filler이다. 임상적으로 Artglass는 금속 또는 비금속의 금관이나 고정성 국소의치, 인레이, 온레이, 버니어 (veneer)로 이용될 수 있다<sup>29</sup>. 간접 복합레진 인레이로 수복하는 경우 직접 복합레진 수복을 하는 경우보다 더 작은 결합력을 보이는데 이는 화학적 반응부위 (Chemically reactive site)가 더 적기 때문이다<sup>30</sup>. 따라서 접착면에 특별한 표면 처리가 필요하다. 본 연구에서 인레이 내표면처리는 레진 시멘트로 사용된 Variolink II 제조회사의 지시대로 sandblasting 하고 silane 처리를 시행하였다. 인레이 내면에 대한 표면처리는 여러 논문에서 sandblasting과 silane 처리를 모두 시행한 군에서 결합력이 증진된다고 하며, 상아질 접착제는 sandblasting 처리된 표면에 한해 접착력을 증진시킨다고 한다<sup>27,31,32</sup>.

결합강도 측정 후 파단면의 파질 양상을 관찰 한 결과 모든 군에서 접착계면을 포함하여 글래스아이오노머 내부의 응집 파괴 (Cohesive failure)가 우세하게 나타났다. 이는 인레이와 합착용 레진시멘트 및 글래스아이오노머 사이에 바람직한 접착이 이루어 졌다고 생각할 수 있다. 접착 파괴 (Adhesive failure)가 발생한 경우는 평균보다 낮은 결합강도를 보여 접착과정에서 오차가 발생하였을 가능성이 높다<sup>33</sup>. 정확한 접착이 이루어졌다면 시멘트와 글래스아이오노머 사이의 결합강도는 충분할 것으로 생각된다. 시멘트와 글래스아이오노머 사이의 결합강도가 글래스아이오노머 베이스의 전단강도보다 큰 경우 응집 파괴가 일어나므로 측정된 값이 실제 베이스와 인레이의 결합강도라고 단정 지을 수는 없다.

발거된 3대구치를 이용해 간접 복합레진 인레이 수복한 다음 수직 절단하여 SEM 관찰한 시편에서는 상아질과 광중합형 글래스아이오노머 베이스 계면에서 상아질 와동벽

을 따라 30-120  $\mu\text{m}$  정도의 간극이 관찰되었으며, 글래스아이오노머 내부의 균열이 관찰되었다. 글래스아이오노머 내부의 균열은 글래스아이오노머 표면의 산 부식 후 공기건조에 의한 것이며, 이러한 균열에 레진이 침투해 레진태그가 형성된다<sup>34)</sup>. 글래스아이오노머 표면의 산부식은 미세기계적인 결합을 증가시키고, 글래스아이오노머 내부 균열을 야기해 본딩재의 침투를 용이하게 한다. 또한 광중합형 글래스아이오노머는 자가중합형 글래스아이오노머와는 다르게 상아질과의 계면에서 상아세관 내로 글래스아이오노머 시멘트의 침투가 관찰된다고<sup>35)</sup> 하였으나 본 연구에서 상아세관 내로의 침투는 발견되지 않았다.

최근 2급 복합레진 수복 시 글래스아이오노머 베이스를 산부식하는 것을 금기증으로 여기기도 하는데<sup>33)</sup> 그 이유는 칫제, 산부식된 글래스아이오노머 시멘트 베이스는 복합레진-글래스아이오노머 베이스 계면하방에서 산부식하지 않은 것보다 더 많은 미세누출을 보이며<sup>36)</sup> 둘째, 글래스아이오노머와 복합레진사이의 결합력이 강해서 광조사가 이루어지는 방향으로 중합수축이 일어나 글래스아이오노머 베이스가 상아질로부터 분리되도록 한다<sup>33)</sup>는 것이다. 이것은 직접 복합레진 수복 뿐 아니라 간접 복합레진 인레이 수복 시에도 적용된다. 그러나 깊은 와동에서나 인레이 와동 형성 시 언더컷을 제거하기 위해 글래스아이오노머 베이스의 사용은 필수적이다. 글래스아이오노머와 복합레진 사이의 강한 결합력을 극복하기 위해 산부식 없이 커플링제의 사용을 추천하기도 하지만, 이러한 강한 결합의 임상적인 중요성을 평가해볼 필요가 있다.

본 연구에서 상아질과 광중합형 글래스아이오노머 계면에서 30-120  $\mu\text{m}$  정도의 간극이 관찰되었다. 이는 직접 복합레진 수복 시 상아질과 글래스아이오노머사이 계면에 간극이 관찰된다는 이전의 연구<sup>13,34,37)</sup>와 일치한다. 이러한 간극은 글래스아이오노머와 레진 시멘트 사이 결합력이 시멘트와 상아질 결합을 파괴시킬 만큼 충분히 강하기 때문에 발생한다고 여겨진다. 이상적으로 글래스아이오노머와 상아질 결합이 중합수축력을 극복하기 위해서는 17 MPa 이상의 힘이 필요한 것으로 알려져 있다<sup>38)</sup>.

Small 등<sup>39)</sup>의 연구에 의하면 광중합형 글래스아이오노머 시편을 6개월간 수조에 보관하였을 때 수분흡수가 지속적으로 나타났다고 한다. 이는 광중합형 글래스아이오노머 또한 재래형 글래스아이오노머처럼 산-염기 반응에 의해서 경화됨을 의미하며, 지속적인 수분흡수로 인해 재료의 3% 정도의 무게 증가가 발생하였다. 광중합형 글래스아이오노머가 장기간 수분에 노출되었을 때는 수분을 흡수하여 수화팽창이 발생하며 여러 가지 다른 물리적 성질의 변화도 발생한다<sup>15,16)</sup>. 하지만, 본 연구에서는 시간 경과에 따른 결합력의 차이는 나타나지 않았으며, 모든 시편에서 상아질과 글래스아이오노머 계면의 간극이 관찰되었다.

본 연구에서는 상아질과 광중합형 글래스아이오노머 접착에 상아질 전처리제(dentin conditioner)를 사용하지 않았다. 이는 Fuji II LC의 경우 상아질 전처리제의 사용을 추천하고 있지만 Vitrebond의 경우는 상아질 전처리제의 사용을 금하고 있어 동일한 실험 조건을 위해 상아질 전처리제를 사용하지 않았고, 상아질 전처리제 사용 유무에 관계없이 결합력 및 계면의 형태에 차이가 없다는 Tanumiharja 등<sup>35)</sup>의 연구에 기초하였다. 반대로 상아질 전처리제 사용시 결합력이 증가한다는 상반되는 연구<sup>40,41)</sup>도 많기 때문에 이에 대한 비교가 필요하리라 사료된다. 그러나, 상아질 전처리제를 사용하여 결합력이 증가한다 해도 상아질과 글래스아이오노머의 결합력보다는 복합 레진 인레이와 글래스아이오노머의 결합력이 더 크기 때문에 간극이 형성될 것으로 예상된다.

이상을 종합해 볼 때, 간접 복합 레진 인레이 수복 시 언더컷을 제거하기 위해 글래스아이오노머 베이스를 사용한 경우, 인레이 접착까지 경과된 시간에 따른 글래스아이오노머 베이스와 복합레진 인레이 사이의 결합력에는 큰 차이가 없었지만 글래스아이오노머 베이스 하방에 시멘트와 상아질 계면에서 간극이 발생하여 미세누출의 원인이 될 수 있을 것으로 생각된다. 앞으로, 글래스아이오노머와 상아질 접착을 증가시킬 수 있는 방법 및 간접 인레이 수복 시 글래스아이오노머를 대신할 수 있는 기저재료에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 2종의 광중합형 글래스아이오노머 시멘트로 Fuji II LC (GC Co, Tokyo, Japan)와 Vitrebond™ (3M, Paul, Minnesota, U.S.A)를 간접 복합레진 인레이 하방에 기저재로 사용하여, 37°C 증류수에 보관하고 일정 기간 (1시간, 24시간, 1주 및 2주) 경과 후 Variolink® II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 레진 시멘트를 사용하여 인레이를 합착하였다. 시간 경과에 따른 복합레진 인레이와 글래스아이오노머 베이스의 전단 결합강도를 측정 비교하였고, 상아질과 글래스아이오노머 베이스, 글래스아이오노머 베이스와 복합레진 인레이 계면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Fuji II LC 군의 전단 결합강도는 1시간, 24시간, 1주 및 2주 순으로 14.00 ± 1.84, 12.13 ± 4.38, 15.17 ± 3.5 및 14.78 ± 3.56 MPa 이었으며, Vitrebond™ 군의 전단 결합강도는 1시간, 24시간, 1주 및 2주 순으로 15.14 ± 1.96, 14.75 ± 2.21, 12.00 ± 1.22 및 13.15 ± 2.70 MPa 이었다.
2. 시간 경과에 따른 광중합형 글래스아이오노머 베이스와 복합 레진 인레이 사이의 전단결합강도는 통계학적으로

유의한 차이가 없었으며, Fuji II LC와 Vitrebond™ 사이에 재료에 따른 전단 결합강도의 유의한 차이는 없었다.

3. 전단 결합강도 측정 후 관찰한 파절 양상은 대부분의 시편에서 광중합형 글래스아이오노머 베이스 내부에서 응집파괴 (Cohesive failure)가 발생하였다.
4. SEM 관찰 시 광중합형 글래스아이오노머와 상아질 와 동벽 사이에 약 30-120 μm 정도의 간극이 관찰되었으며, 광중합형 글래스아이오노머와 복합 레진 인레이 계면에서는 1시간 후 접착한 시편을 제외하고 간극은 발견되지 않았으며 긴밀한 접착을 보였다.

이상의 결과는 광중합형 글래스아이오노머를 간접 복합 레진 인레이 수복의 기저재로 사용 시 레진시멘트에 의한 인레이와 기저재간에는 시간경과 및 기저재의 종류에 따른 결합강도의 차이 없이 긴밀한 접착을 얻을 수 있으나, 글래스아이오노머 기저재와 상아질 간에는 내부의 간극이 발생될 수 있음을 시사한다. 하지만 이러한 간극에 의한 수복물 수명에의 영향 혹은 과민증과 같은 다른 문제점발생에 대한 연구를 통해 글래스아이오노머 기저재 사용에 대한 문제점의 구명이 필요하리라 사료된다.

### 참고문헌

1. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J. Fundamentals of operative dentistry. Quintessence Publishing Co., Chicago IL, p207-210, 1996.
2. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J. Fundamentals of operative dentistry. Quintessence Publishing Co., Chicago IL, p210-215, 1996.
3. Ferracame JL, Marker VA. Solvent Degradation and Reduced Fracture Toughness in Aged Composites. *J Dent Res* 71:13-19, 1992.
4. Robinson PB, Moore BK, Swartz ML. Comparison of Microleakage in Direct and Indirect Composite Resin Restoration *in vitro*. *Oper Dent* 12:113-116, 1987.
5. Stanley L, Karl F. Clinical evaluation of a heat-treated resin composite inlay:3-year results. *Am J Dent* 5: 258-262, 1992.
6. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J. Fundamentals of operative dentistry. Quintessence Publishing Co., Chicago, IL., p234-235, 1996.
7. Dean AE. Multifunctional bases and liners. *Esthet Dent* 42:739-754, 1998.
8. Hilton TJ. Cavity Sealers, Liners, and Bases: Current Philosophies and Indications for Use. *Oper Dent* 21: 134-146, 1996.
9. Mclean JW, Prosser HJ. The Use of Glass-ionomer Cements in Bonding Composite Resin to Dentine. *Br Dent J* 158:410, 1985.
10. Yap AUJ, Mok. BYY, Pearson G. An *in vitro* microleakage study of the 'bonded-base' restorative technique. *J Oral Rehabil* 24:230-236, 1997.
11. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements. *J Am Dent Assoc* 120:20-22, 1990.
12. Farah CS, Orton VG, Collard SM. Shear bond strength

- of chemical and light-cured glass ionomer cements bonded to resin composites. *Aust Dent J* 43:81-86, 1998.
13. Hotta M, Aono M. Adaptation to the cavity floor of the light-cured glass ionomer cement base under composite restoration. *J Oral Rehabil* 21:679-685, 1994.
14. Mitra SB. Adhesion to Dentin and Physical Property of Light-cured Glass-ionomer Liner/Base. *J Dent Res* 70:72-74, 1991.
15. Irie M, Suzuki K. Water Storage Effect on the Marginal Seal of Resin-modified Glass-Ionomer Resrotrations. *Oper Dent* 24:272-278, 1999.
16. Welbury RR, McCabe JF, Murray JJ, Rusby S. Factors affecting the bond strength of composite resin to etched glass-ionomer cement. *J Dent* 16:188-193, 1987.
17. Anthony HL, Glancy JF. Interfacial bond strengths between layers of visible light-activated composites. *J Prothet Dent* 59:25-29, 1988.
18. Jan WV, van Dijken. A 6-year evaluation of a direct composite resin inlay/onlay system and glass ionomer cement-composite resin sandwich restoration. *Acta Odontol Scan* 52:368-376, 1994.
19. Jackson RD, Ferguson RW. An esthetic, bonded inlay/onlay technique for posterior teeth. *Quintessence Int* 21:7-12, 1990.
20. Wendt SL. The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. I. Diametral tensile strength, compressive strength, and marginal dimensional stability. *Quintessence Int* 18:265-271, 1987.
21. Eystein Ruyter I. Type of resin-based inlay materials and their properties. *Inter Dent J* 42:139-144, 1992.
22. Schwartz RS, Summitt JB, William Robbins J. Fundamentals of operative dentistry. Quintessence Publishing Co., Chicago IL, p229, 1996.
23. Cattani MA, Dupuis V, Payan J. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent mater* 15:71-78, 1999.
24. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials* 19:521-527, 1998.
25. Hinoura K, Onose H, Moore BK, Philips RW. Effect of the bonding agent on the bond strength between glass ionomer cement and composite resin. *Quintessence Int* 20:31-35, 1989.
26. Draheim RN, Franklin Garcia-Godoy, Titus HW. Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer bases. *Quintessence Int* 9:357-358, 1988.
27. Parra M, Kopel HM. Shear bond strength of repaired glass ionomers. *Am J Dent* 5:133-136, 1992.
28. Smith GE. Surface Deterioration of Glass-Ionomer Cement during Acid Etching: an SEM Evaluation. *Oper Dent* 13:3-7, 1988.
29. Aschheim KW, Dale BG. Composite resin: indirect technique restorations. *Esthetic Dentistry*, 2nd ed, St. Louis, Mosby Co. p97-111, 2001.
30. Vankerckhoven H, Lambrechts P, Beylen MV, Davidson CL, Vanherle G. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. *J Dent Res* 61:791-796, 1982.
31. Shortall AC, Baylis RL, Wilson HJ: Composite inlay/luting resin bond strength-surface treatment effects. *J Dent* 24:129-135, 1996.
32. 장병성, 김성교. 내표면 처리에 따른 레진 인레이와 글래스아이오노머 베이스 간의 접착. *대한치과보존학회지* 25:399-406, 2000.

33. Meyers R, Garcia-Godoy F, Norling BK. Failure mode of a posterior composite resin bonded to a glass-ionomer cement treated with various etching times and with or without a coupling agent. *Quintessence Int* 21:501-506, 1990.
34. Hotta M, Kondoh K, Yamamoto K, Kimura K. Comparison of air-dried treatments after etching on the micromechanical bonding of the composite to ionomer surface. *Oper Dent* 16:169-174, 1991.
35. Tanumiharja M, Burrow MF, Cimmino A, Tyas MJ. The evaluation of four conditioners for glass ionomer cements using field-emission scanning electron microscopy. *J Dent* 29:131-138, 2001.
36. Karaagaclioglu L, Zaimoglu A, Akoren AC. Microleakage of indirect inlays placed on different kinds of glass ionomer cement linings. *J Oral Rehabil* 19:457-469, 1992.
37. Cooley RL, Barkmeier WW. Dentinal shear bond strength, microleakage and contraction gap of visible light-polymerized liners/bases. *Quintessence Int* 22:467-474, 1991.
38. Munksgaard EC, Irie M, Asmussen E. Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res* 64:1409-1411, 1985.
39. Small ICB, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements : An *in vitro* comparison with other materials. *Biomaterials* 19:545-550, 1998.
40. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater* 17:56-470, 2001.
41. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SHY, Pashley DH. Effect of Different Conditioning Protocols on Adhesion of a GIC to Dentin. *J Adhesive Dent* 3:153-167, 2001.

## 국문초록

### 기저재용 광중합형 글래스아이오노머의 치질 및 복합 레진 인레이에 대한 접착양상

이송희 · 김동준 · 황윤찬 · 오원만 · 황인남\*

전남대학교 치과대학 보존학교실, 치의학연구소

본 연구는 간접 복합 레진 인레이 수복 시 기저재로 사용되는 광중합형 글래스아이오노머와 인레이 접착에 사용되는 레진 시멘트간의 접착 전까지의 시간 경과에 따른 전단 결합강도를 측정하고, 상아질과 글래스아이오노머, 글래스아이오노머와 레진 시멘트간 접착계면에 대해 SEM 관찰하였다. 2종의 광중합형 글래스아이오노머 시멘트 Fuji II LC (GC Co, Tokyo, Japan)와 Vitrebond™ (3M, Paul, Minnesota, U.S.A)의 시편을 제작하였다. 5 mm×7 mm의 실리콘 주형에 Artglass® (Heraeus Kultzer, Germany)를 이용하여 레진 인레이를 제작하였다. 글래스아이오노머 베이스를 각각 1시간, 24시간, 1주 및 2주 동안 37℃ 증류수에 보관한 후 Variolink® II (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를 적용하여 인레이를 접착하였다. 만능 물성시험기(Model 4302, Instron, U.S.A)를 이용하여 결합면에 1 mm/min의 속도로 1000 kg 하중을 가하여 전단 결합강도를 측정하였고, one-way ANOVA를 이용하여 통계 분석하였다.

SEM 관찰을 위해 발거된 제 3대구치에 2급 와동을 형성하였고, 기저재로 광중합형 글래스아이오노머 시멘트를 적용하였다. 인레이를 접착한 시편을 수직 절단하여 상아질, 글래스아이오노머, 및 복합레진 인레이 간의 계면을 SEM (JSM-5400® Jeol, Tokyo, Japan) 관찰하였다.

시간 경과에 따른 글래스아이오노머와 복합 레진 인레이 사이의 전단 결합강도는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으며, 기저재 재료에 따른 전단 결합강도의 유의한 차이도 없었으며 대부분 시편에서 글래스아이오노머 내부에서 응집 파괴 (Cohesive failure)가 발생하였다. SEM 관찰 시 글래스아이오노머와 상아질 사이에 약 30-120 μm 정도의 간극 (gap)이 형성되었으며, 글래스아이오노머와 복합 레진 인레이 계면에서는 1시간 후 접착한 시편을 제외하고 간극은 발견되지 않았다.

**주요어:** 전단 결합강도, 글래스아이오노머와 레진 인레이 접착