

## 클라스아이오노머계열의 상아질접착제의 결합강도에 대한 비교연구

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

김경덕 · 정태성 · 김 신

Abstract

### THE BOND STRENGTHS OF RESIN BONDING SYSTEM BASED ON GLASS IONOMER CEMENTS

Kyungdeok Kim, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University*

The purpose of this study was to evaluate the shear bond strength on dentin of bonding agents based on glass ionomer cements, and to establish the appropriate method of bonding which has biological safety and decrease the pulpal damage.

Fuji Bond LC, Advance, All Bond 2 and Scotchbond Multipurpose were applied on occlusal dentin layer in acrylic resin block.

Each group was composed of 10 specimens and the shear bond strength between dentin layer and composite resin was measured with the Universal Testing Machine and analyzed.

The results were as follows:

1. When using ANOVA and Scheffe's multiple range test, there were not statistical differences among the four groups. ( $P < 0.05$ )
2. The shear bond strength was high in the order of C, D, A, B and bond strength of group B showed relatively lower.
3. In digital image processing, there were not significant differences on morphology of failure surface.

## I. 서 론

치아의 기능적 회복과 환자의 심미적 요구 충족을 위해 복합레진이 치과임상에 적용된 이래 치아와의 결합력 증진을 위해 많은 방법들이 강구되어 왔다.

그중 산부식법으로 법랑질에 복합레진을 결합시키는 방법<sup>1-4)</sup>은 임상적으로 널리 이용되고 성공적으로 밝혀졌으나, 산처리 및 미중합 단량체에 의한 치수자극성<sup>5)</sup>과 중합수축으로 인한 변연누출<sup>6)</sup> 등의 단점이 지적되었다. 또한 상아질의 산처리를 피하고 법랑질에 국한하여 산부식을 시행하는 것은 거의 불가능하므로 상아질에 대한 처치방법에 대해 고려하게 되었다. 이러한 문제점들의 해결을 위해 Mount<sup>7)</sup>는 상아질접착제를 이용하면 산부식없이도 충분한 결합강도를 얻을 수 있다고 보고하였다.

결합양상 및 상아질 처치방법에 따라 개발되어 온 상아질접착제를 분류해 보면 1세대 상아질접착제<sup>14)</sup>는 상아질내의 칼슘이온과 화학적으로 결합하는 방법을 이용하였으나 와동형성시에 표층에 존재하게 되는 도말층이 상아질접착제와는 결합하지만 하부의 상아질과는 결합력이 약해 수복물의 탈락율이 높게 나타났다. 이후 2세대 상아질접착제<sup>14)</sup>는 이온의 결합을 강화시키는 방법을 선택하였으나 1세대와 동일하게 소수성을 가지므로 상아세관 표면의 세관액의 수분오염으로 인해 큰 결합력의 향상은 가져오지 못 하였다<sup>8-11)</sup>. 3세대 상아질접착제<sup>12)</sup>는 도말층을 제거하거나 변형하여 결합력을 향상시켰으나 크게 만족스러운 것은 아니었다.

최근의 4세대 상아질접착제들<sup>13,14)</sup>은 산부식을 통해 도말층을 완전히 제거하고, 하부상아질을 부분적으로 부식하며 친수성 primer를 이용하여 레진수지 함입층을 형성함으로써 강한 결합력을 얻는 기전을 가지고 있다<sup>15-17)</sup>. 그러나, 도말층 제거를 위한 산처리 과정이나 상아세관 표면으로 레진단량체가 침투하여 결합을 증진시키는 과정에서 치수자극성의 유발에 대한 문제에 대해 최종적인 해답을 얻지는 못 하였다.

이에 1972년 Wilson과 Kent<sup>18)</sup>에 의해 Aluminosilicate polyacrylate cements로 소개된 글라스아이오노머 시멘트의 장점, 즉 치아에 대한 화학적 결합능력<sup>19,20)</sup>과 불소유리에 의한 항우식능<sup>21)</sup> 및 낮은 치

수자극성<sup>22,23)</sup>과 체적 안정성<sup>24)</sup>, 경화시 미약한 온도 상승<sup>25)</sup>등을 이용한 상아질접착제가 새롭게 개발되었다. 이것은 이온교환에 의해 상아질과의 결합력을 증가시키고 불소유리능으로 인한 복합레진 수복물 하부의 재발우식율을 낮추며 다량체의 형성으로 상아세관입구를 폐쇄하여 치수자극성을 줄일 수 있다고 보고되고 있다.

1950년대 초반부터 지속적으로 개발되어 온 상아질접착제들이 Sandwich technic에서 뿐 아니라 법랑질에 한정된 와동에서도 널리 사용되고 있는데, 이중 최근에 개발된 글라스아이오노머 계열의 상아질접착제를 이용할 경우, 복합레진 계열의 상아질접착제와 유사한 수준의 결합강도를 가진다면 복합레진이 가진 치수위해성, 시술의 난이도, 시간문제 등을 극복할 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구는 글라스아이오노머 시멘트 계열의 상아질접착제의 물성의 연구의 일환으로, 상아질에 대한 접착력을 기존의 레진계열의 접착제와 비교 분석할 목적으로 시도되었다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

발거된 대구치 100개중 광학현미경상에서 교환면 손상이 없는 40개를 선택하였다. 상아질접착제로는 글라스아이오노머 계열의 Fuji Bond LC (GC Co.), Advance (Dentsply Co.)와 레진계열의 All-Bond 2 (Bisco Co.), Scotchbond Multipurpose (3M Co.)를 사용하였고 복합레진은 광중합형 복합레진 Z-100 (3M Co.)를 사용하였다(표 1).

### 2. 연구방법

#### 1) 실험군의 설정

사용된 4종의 상아질접착제중 Fuji Bond LC, All-Bond 2, Scotchbond Multipurpose는 광중합형으로써 순수한 접착 목적으로 사용되었고, 화학중합형인 Advance는 주로 이장 목적으로 사용되는 시멘트로 높은 결합력이 보고되고 있어 글라스아이오노머 시멘트간의 결합력 비교를 위해 선정하였다.

#### 2) 시편제작

각 실험군당 10개씩 총 40개의 치아를 가르

Table 1. Four dentin bonding agents used for this study.

Material	Manufacturer	Composition
Fuji Bond LC	GC	Conditioner:20% polyacrylic acid 3% aluminum chloride hexahydrate Powder:Aluminosilicate glass Liquid:HEMA, Polyacrylic acid, Camphoroquinone
Advance	Dentsply	Primer:ethyl alcohol, acetone, polymerizable monomer Powder & Liquid
All-Bond 2	Bisco	Etchant:10% phosphoric acid Primer:2% NTG-GMA & 16% BPDM in acetone Adhesive:Bis-GMA, UDMA & HEMA
Scotchbond Multipurpose	3M	Etchant:10% maleic acid Primer:HEMA & polyalkenoic acid copolymer Adhesive:HEMA, Bis-GMA

Table 2. Application procedures of bonding agents

Fuji Bond LC	conditioning:10 sec. washing:20 sec. drying:10 sec. mixing powder & liquid:10 sec. light curing:20 sec.
Advance	primer application:30 sec. drying:15 sec. mixing powder & liquid:30 sec.
All-Bond 2	acid etching:15 sec. washing:5 sec. drying:20 sec. mixing primer A & B adhesive application & light curing:20 sec.
Scotchbond Multipurpose	acid etching:15 sec. washing:15 sec. drying:20 sec. primer application & dry adhesive application & light curing:20 sec.

10mm, 세로 10mm, 높이 20mm의 아크릴릭 레진에 매식하여 block을 제작하고 교합면쪽으로 연마하여 건전한 상아질면이 평탄하게 노출되도록 하

고 1000번 연마지로 연마를 시행하였다.

노출된 상아질면 상단 중앙에 A 실험군에는 Fuji Bond LC, B 실험군에는 Advance, C 실험군에는 All-Bond 2, D 실험군에는 Scotchbond Multipurpose를 제조회사의 지시대로 도포하였다(표 2).

A와 C, D군에는 Visilux 2 light source (3M Dental Products)로 중합시키고, B군에서는 brush를 이용하여 평활한 면이 되도록 하였다. 이후 elastic ring을 이용하여 복합레진을 충전하고 중합하였다. 각각 1mm 정도의 두께로 레진을 분할 충전하고 40초씩 광중합을 시행하여 4mm의 높이를 완성한 후 여분의 레진을 blade로 제거하고 다시 원통형 레진기둥의 네 방향에서 40초씩 광중합하였다. 이때 B 군에서는 접착제가 완전히 경화되기전 충진을 시행하였다. 결합이 완료된 40개의 시편은 37°C 항온수조에 24시간 보관후 전단 결합강도를 측정하였다.

### 3) 전단결합강도 측정 (그림 1)

시편은 전단결합강도 측정을 위하여 특별히 고안된 지그에 시편을 고정하여 전단 응력이 가해지도록 한 후 만능 시험기(Instron Universal Testing Machine)에서 500kg compression load cell로 cross-head speed 5mm/min의 조건하에서 하중을 가하면서 부착시편이 탈락될 때까지의 최대하중을 기록하고 다음 공식을 이용하여 계산하여 전단 결합

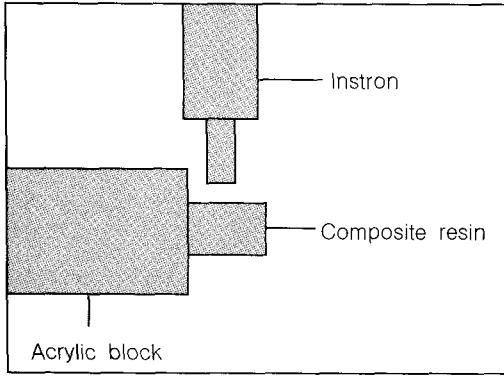


Fig 1. Bond test set up

강도를 계산하고 Megapascal(MPa) 단위로 환산하였다.

$$\text{Shear Bond Strength(kgf/cm}^2\text{)} = 4P/\pi d^2$$

(P: 전단하중, d: 결합부의 직경)

#### 4) 조직학적 관찰

글라스아이오노머계열과 레진계열의 상아질접착제를 이용하여 접착된 시편의 계면과 결합강도 측정후에 나타난 파단면을 광학현미경하에서(400 x) 관찰하였다.

#### 5) 통계처리

실험결과 얻어진 자료들은 ANOVA Test와 Scheffe's multiple range test로 검정하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 전단결합강도의 측정

4 종의 상아질접착제를 적용한 각 실험군의 전단결합강도는 표 3에 제시된 바와 같다. 각 군간의 결합강도의 차이를 검정한 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다.(P<0.05) (그림 2)

Table 3. Shear bond strengths of 4 experimental groups.

Group	Shear bond strength		
	Mean	S.D.	Range
A	8.56	3.55	4.42 ~ 14.04
B	5.72	1.06	3.36 ~ 7.09
C	8.85	4.59	3.56 ~ 19.58
D	8.77	2.49	4.47 ~ 12.60

MPa

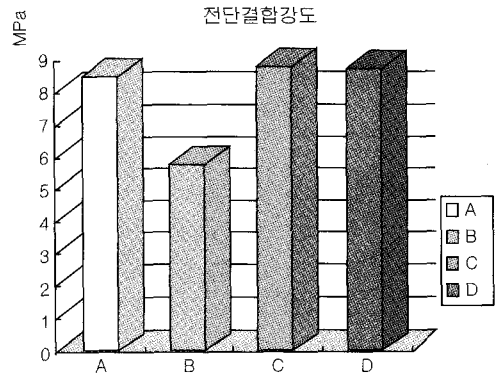


Fig.2. Shear Bond Strength of each group.

#### 2. 파절면의 조직학적 관찰

대부분의 시편들이 mixed failure를 보였고, 파절면에는 밝게 나타나는 레진부분과 다소 어두운 색조의 치아면이 공존하여 나타났으며 특별한 구조적 차이는 보이지 않았다.(사진 1-6)

### IV. 총괄 및 고안

글라스아이오노머는 치수에 위해한 영향을 거의 주지 않으면서 상아질과 접착할 수 있고<sup>26)</sup>, 복합레진과도 기계적으로 접착하는 성질을 가지고 있으므로 복합레진 하방의 이장재 또는 base로서 중요한 역할을 한다<sup>27)</sup>. 또한 글라스아이오노머는 복합레진만으로 수복된 경우에 발생하는 경화수축으로 인한 미세누출을 균일한 체적안정성으로 보상하고 복합레진의 부피를 감소시켜 중합수축을 감소시킬 수 있어 소위 Sandwich technic이 개발되기에 이르렀다<sup>28)</sup>.

Sandwich technic의 지속적인 연구중에 하부의 글라스아이오노머와 복합레진과의 결합력에 있어서 Hinoura 등<sup>29)</sup>과 Garcia-Godoy 등<sup>30)</sup>은 글라스아이오노머를 인산으로 부식하여 거칠고 넓은 표면을 얻은 후 복합레진과 결합시킨 경우 결합강도가 증가한다고 보고한 바 있다. 그러나, Papagiannoulis 등<sup>31)</sup>은 글라스아이오노머를 산부식하고 복합레진을 위치시켰을 때 변연누출이 발생한다고 보고하였고, Earl 등<sup>32)</sup>은 글라스아이오노머의 반응이 화학적으로 활발한 시기에 산부식이 시행되어 경화에 방해를 받아 물성을 저하시킬 수 있다고 하였

다. Wilson 등<sup>33)</sup>은 빠른 경화를 위해 개발된 이장용 글라스아이오노머는 경화를 위해 글라스의 성분중 aluminum의 함량을 증가시킴으로써 심미성 저하와 자체강도의 감소를 초래하고, 충전용 글라스아이오노머는 투명도의 향상을 위해 silica의 함량을 증가시킴으로써 경화속도가 완만하여 완전 경화전에 산부식시킬 경우 산부식제와 수분에 의해 금속이온이 제거되어 염을 형성하지 못하여 강도가 감소된다고 하였다.

본 실험에서 화학중합형의 글라스아이오노머인 Advance의 결합강도가 다소 낮게 나타난 것도 경화완료전의 산처리 및 수세과정에 기인한 것으로 생각되었다. 이러한 단점을 보완하기 위해 Mathis 등<sup>30)</sup>은 13 wt%의 광중합 레진액과 87 wt%의 글라스아이오노머 시멘트액을 혼합해 불소가 함유된 혼성수분액을 제조하여 물성을 개선하였고, 1992년에 Croll<sup>35)</sup>에 의해 80%의 글라스아이오노머와 20%의 광중합레진의 혼합물로 구성된 광중합형 글라스아이오노머가 개발되어 산부식전에 글라스아이오노머의 경화를 유도할 수 있게 되었다.

신 등<sup>36)</sup>은 인산으로 광중합형 글라스아이오노머를 산부식할 경우 복합레진과의 결합강도는 감소한다고 하였고, Suzuki 등<sup>37)</sup>은 광중합형 글라스아이오노머 표면은 산부식을 하지 않아도 복합레진과의 결합을 충분히 이룰 수 있는 형태의 미세공극이 존재하여 충분한 결합력을 얻을 수 있으므로 글라스아이오노머의 표면처리는 불필요하다고 언급하였다. 이에 Fuji Bond LC군에서는 레진부착전에 아무런 처리도 시행하지 않았는데 이장용으로나 상아질접착제로 사용할 때 충분한 결합강도를 가질 수 있을 것으로 사료되었다.

광중합형 글라스아이오노머는 화학중합형 글라스아이오노머와 광중합형 레진의 혼합물 형태로 광중합 성분은 Bis-GMA와 triethyleneglycol dimethacrylate의 혼합물에 첨가된 camphoroquinone과 dimethylaminoethyl methacrylate이며, 중합반응은 대개 두 단계로 일어나는데 1 차로 산-염기반응의 느린 중합반응, 그리고 2 차로 레진의 광중합반응이 가속되어 나타난다.

혼합된 레진성분이 상아질에 대한 결합력에는 영향을 주지 않기 때문에 상아질내로의 침투를 개선하기 위해 hydroxyethyl methacrylate가 첨가되었

는데, 이에 대해 Aboush와 Jenkins<sup>38)</sup>, Beech<sup>39)</sup>, Causton과 Johnson<sup>40)</sup> 등은 carboxylic acid의 결합력에 의해 결합강도가 높아진다고 보고하였다. 복합레진과의 결합력은 광중합 글라스아이오노머에 첨가된 각종 methacrylate기와 복합레진의 methacrylate기가 화학적으로 결합하여 우수한 결합강도를 보인다고 하였다.

본 연구에서는 광중합형으로 개발된 글라스아이오노머 계열의 상아질접착제인 Fuji Bond LC를 이용하여 산부식 처리를 하지 않은채 복합레진과의 결합을 유도하여 기존의 레진계열의 상아질접착제들과 전단결합강도를 비교한 결과, 결합력에 있어 유의한 차이는 없었고 화학중합형의 이장재용 글라스아이오노머인 Advance의 결합력을 비교한 결과 기존의 결합력감소를 나타낸 보고들과 일치함을 알 수 있었다.

광중합형이면서도 복합레진 수복전에 산부식을 필요로 하지 않는 글라스아이오노머 계열의 상아질접착제의 개발로 Sandwich technic에서 발생할 수 있는 결합력 감소원인을 제거할 수 있고 이장재와 같은 글라스아이오노머계열의 접착제 사용으로 결합강도의 증가가 예상되며 하부의 이장재가 필요없는 얇은 와동의 경우에서도 레진수복전에 적용될 경우 임상적으로 충분한 결합강도를 가지는 것으로 밝혀졌다. 또한 상아질에 대해 생물학적인 친화성을 가지고, 구강내 경조직의 친수성 표면에 대한 흡착력증대로 인한 조직계면의 변연봉쇄능력을 제공하며, 치수위해성을 제거함으로써 보다 안정된 수복방법을 얻을 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나, hand mixing type의 글라스아이오노머는 미세기포가 존재하거나 큰 입자의 노출로 인해 응력이 집중되어 경계부위의 접착약화로 인한 결합강도의 감소와 치수 위해성에 대한 보다 장기적인 결과를 얻기 위한 계속적인 연구가 있어야 할 것으로 사료되었다.

## V. 결 론

본 연구는 최근에 소개된 상아질접착제의 치질에 대한 결합력을 기존의 레진계 접착제와 비교할 목적으로 시도되었다. 대구치의 건전한 교합면 상아질 부위에 글라스아이오노머 계열의 상아질접착

제 Fuji bond LC, 이장재 및 봉합재로 사용되며 비교적 높은 결합강도를 보이는 Advance, 레진계열의 상아질접착제인 All-Bond 2와 Scotchbond Multipurpose를 도포하고 복합레진 기둥을 부착시켜 전단결합강도를 측정하고 결합계면과 파절면을 조직학적으로 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 글라스아이오노머계열의 접착제와 레진계열의 접착제는 복합레진과의 전단결합강도에 있어서 유의한 차이를 보이지 않았다. ( $P < 0.05$ )
2. 결합강도의 크기는 C>D>A>B군의 순서로 가장 낮게 나타났고 기타 군에서는 비슷한 수준으로 나타났다.
3. 접착계면과 파절면의 조직학적 관찰 결과, 글라스아이오노머와 레진계열의 상아질접착제에서 특별한 차이는 나타나지 않았다.

#### 참고문헌

1. Swift E.J., Perdigao J. and Heymann H.D.: Bonding to enamel and dentin - A brief history and state of the art. *Quint. Int.*, 26:95-110, 1995.
2. Triolo P.T., Swift E.J.: Shear bond strengths of composite to dentin using six dental adhesive systems. *Oper. Dent.*, 20:46-50, 1995.
3. YAP U.J., Stokes A.N. and Person G.J.: Concepts of adhesion - a review. *New Zealand Dent. J.*, 90:92-98, 1994.
4. Barkmeier W.W., Cooley R.L.: Laboratory evaluation of adhesive systems. *Oper. Dent.*, (Supple. 5):50-61, 1992.
5. Anderdon D.A.F., et al.: Cytotoxicity of variably cured light activated dental composites. *J. Dent. Res.*, 67:226, 1988.
6. Hembree J.H.: In vitro microleakage of a new dental adhesive system. *J. Prosthet. Dent.*, 55:442-445, 1986.
7. Mount G.J.: A method of testing the union between glass ionomer cement and composite resin. *Aust. Dent. J.*, 33:462-466, 1988.
8. Pashley D.H.: Clinical correlations of dentin structure and function. *J. Prosthet. dent.*, 66:777-81, 1991.
9. Joynt R.B., Davis E.L.: Dentin bonding agents and the smear layer. *Oper. Dent.*, 16:186-191, 1991.
10. Dickinson G.L., Stevens J.T.: Comparison of shear bond strengths of some third-generation dentin bonding agents. *Oper. Dent.*, 16:223-230, 1991.
11. Pashley D.H., Ciucchi B.: Permeability of dentin to adhesive agents. *Quint. Int.*, 24:618-631, 1993.
12. Mandras R.S.: Shear bond strengths of ten dentinal bonding restorative systems. *General Dent.*, 14:133-137, 1993.
13. Erick J.D., Robinson S.J.: The dental surface-Its influence on dental adhesion. Part III. *Quint. Int.*, 24:571-582, 1993.
14. Swift E.J., Triolo P.T.: Bond strengths of Scotchbond Multipurpose to moist dentin and enamel. *Am. J. Dent.*, 5:318-320, 1992.
15. Jacobsen T., Finger W.J.: Morphology of coupling sites between bonding agents and dentins in vivo and in vitro. *J. Dent.*, 21:150-157, 1993.
16. Perdigao J., Swift E.J.: In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J. Dent. Res.*, 73(1): 44-55, 1994.
17. Ferrari M.: Morphologic aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with five different dentin adhesive systems tested in vivo. *J. Prosthet. Dent.*, 71:404-408, 1994.
18. Wilson A.D., Kent B.E.: A new translucent cement for dentistry. *Br. Dent. J.*, 132:133-135, 1972.
19. Lacefield W.R., Reindl M.C. and Retief D.H.: Tensile bond strength of glass ionomer cement. *J. Prosthet. Dent.*, 53:194-198, 1985.
20. Katsuyama S., Ishikawa T. and Fujii B.: Glass ionomer dental cement-The materials and their clinical use. Ishiyaku EuroAmerica Inc. Pub., 47-

- 52, 1993.
21. Swartz M.L., Philips R.W. and Clark H.E.: Long term F release from glass ionomer cements, *J. Dent. Res.*, 63:158-160, 1984.
  22. Wilson A.D., McLean J.W.: Glass ionomer cement. Quint. Pub. Co. Inc., 125-126, 1988.
  23. Feiton D.A., et al.: Pulpal response to chemically and experimental light-cured glass ionomer cavity liner. *J. Prosthet. Dent.*, 65:704- 712, 1991.
  24. Wilson A.D., McLean J.W.: Glass ionomer cement. Quint. Pub. Co. Inc., 63, 1988.
  25. Crips S., Jennings M.A. and Wilson A.D.: A study of temperature changes occurring in setting dental cements *J. Oral. Rehabil.*, 5:139-144, 1978.
  26. Causton B., Sefton J. and Williams A.: Bonding class II composite to etched glass ionomer cement. *Br. Dent. J.*, 163:321-324, 1987.
  27. McLean J.W., Prosser H.J. and Wilson A.D.: The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentine. *Br. Dent. J.*, 158: 410-414, 1985.
  28. Mclean J.W., Wilson A.D.: The clinical development of the glass ionomer cement III the erosion lesion. *Aust. Dent. J.*, 22: 190-195, 1977.
  29. Hinoura K., Moore B.K. and Philips R.W.: Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins. *J. Am. Dent. Assoc.*, 114:167- 172, 1987.
  30. Garcia-godoy F., Draheim R.N. and Titus H.W.: Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer base. *Quint. Pub.*, 357-359, 1988.
  31. Papagiannoulis L., Eliades G. and Lekka M.: Etched glass ionomer liners- Surface properties and interfacial profile with composite resins. *J. Oral. Rehabil.*, 17:25-36, 1990.
  32. Earl M.S.A., Ibbetson R.J.: The clinical disintegration of glass ionomer cement. *Brit. Dent. J.*, 161:287-291, 1986.
  33. Wilson A.D., McLean J.W.: Glass ionomer cement. *Quint. Pub.*, 102, 1988.
  34. Mathis R.S., Ferracane J.L.: Properties of glass ionomer/resin composite hybride material. *Dent. Mater.*, 5:355-358, 1989.
  35. Croll T.P.: Glass ionomers and esthetic dentistry. *J. Am. Dent. Assoc.*, 123: 51-54, 1992.
  36. 신기식, 임호남, 최부병, 민병순: 베이스용 글라스아이오노머 시멘트와 복합레진 수복재의 결합강도에 관한 연구. *경희치대논문집*, 14:189-210, 1992.
  37. Suzuki M., Jordan R.E.: Glass ionomer-composite sandwich technique. *J. Am. Dent. Assoc.*, 120:55-57, 1990.
  38. Aboush Y.E.Y., Jenkins C.B.G.: An evaluation of the bonding of glass ionomer restoratives to dentin and enamel. *Br. Dent. J.*, 161:179-184, 1986.
  39. Beech D.R., Solomon A. and Bernier R.: Bond strength of polycarboxylic acid cements to treated dentine. *Dent. mater.*, 1:154-157, 1985.
  40. Causton B.E., Johnson N.W.: The role of diffuse ionic species in the bonding of polycarboxylate cements to dentin, An in vitro study. *J. Dent. Res.*, 58:1383-1393, 1979.

사진부도

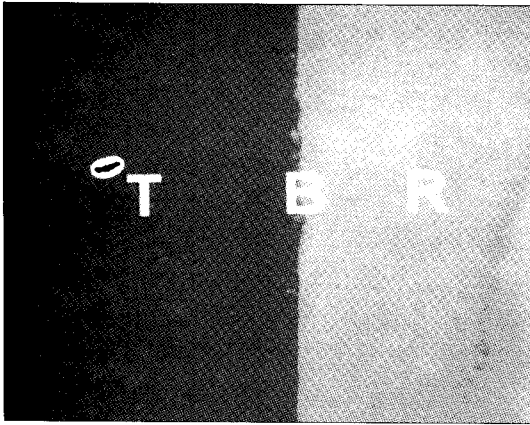


Fig 1. 결합계면 (시편 A)

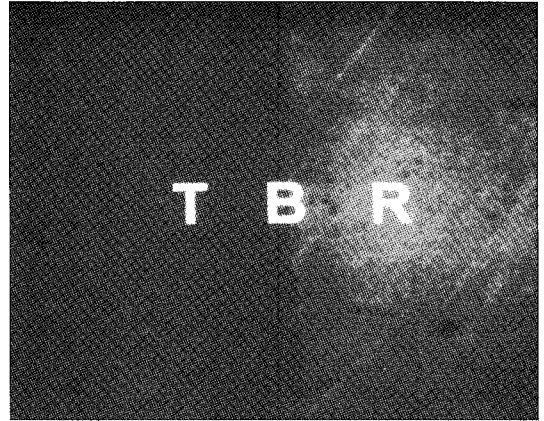


Fig 2. 결합계면 (시편 D)

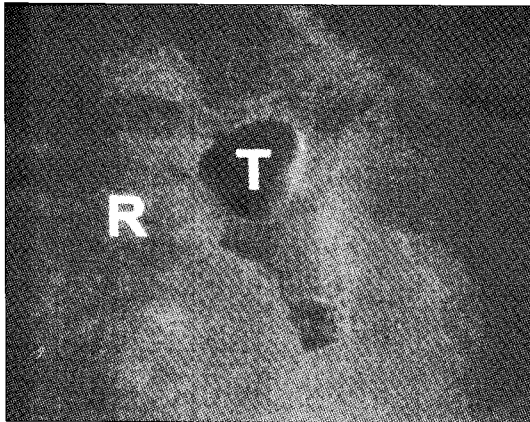


Fig 3. 파절면 (시편 A)

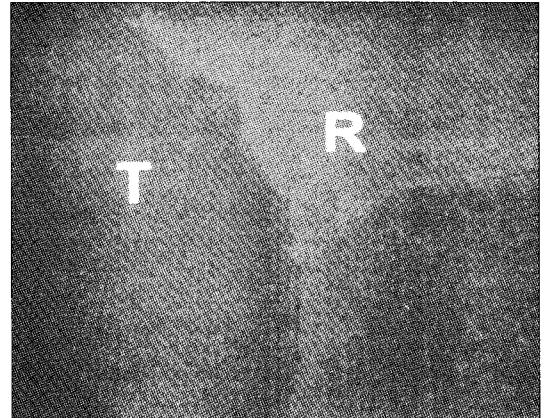


Fig 4. 파절면 (시편 B)

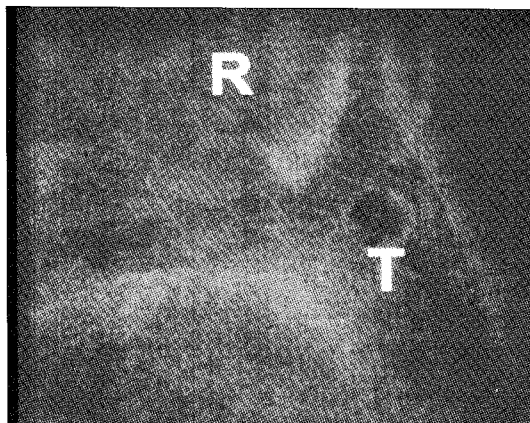


Fig 5. 파절면 (시편 C)

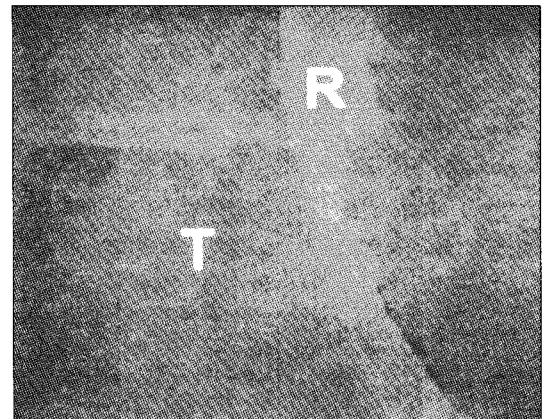


Fig 6. 파절면 (시편 D)

T:Tooth surface , B:Bonding surface , R:Resin surface