

상아질의 표면 ZOE처리가 글래스아이오노머 시멘트의 전단강도에 미치는 영향에 관한 연구

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

정태성 · 김경덕

Abstract

A STUDY ON THE BOND STRENGTHS OF GLASS IONOMER CEMENT TO THE ZOE SURFACE TREATED DENTIN

Tae-sung Jeong, D.D.S., M.S.D. Ph. D., Kyung-deok Kim, D.D.S., M.S.D.

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

The purpose of this study was to assess the shear bond strengths of 3 types of glass ionomer cement and 1 type of composite resin to dentinal surface with or without ZOE pre-treatment. 80 extracted tooth specimens are divided into two groups: the control group (40 specimens) is not treated with ZOE and the other (40 specimens) is ZOE pretreated during 24 hours before bonding procedure.

Shear bond strengths were measured with universal testing machine (Instron, Model 4301) and statistically processed by ANOVA and t-test.

The results were as follows:

1. Bond strength of the ZOE treated experimental group showed lower than the control group, except chemical cured glass ionomer cement ($p < 0.05$).
2. After ZOE surface treatment, the bond strength of composite resin was superior than glass ionomer cement and all experimental group was decreased ($p < 0.05$).
3. It has nothing to do with ZOE surface treatment, that chemical curing glass ionomer cement was showed lowest bond strength.

I. 서 론

치의학의 발전과 더불어 치과치료의 3대 목표중 하나인 심미성의 회복과 증진은 매우 중요하게 여겨지며 현재 치과용 심미 수복재로 복합레진과 글래스아이오노머 시멘트(Glass Ionomer Cement)가 임상에서 널리 사용되고 있다.

1955년 Buonocore¹⁾가 산 부식법을 소개하고, 1962년 Bowen²⁾이 복합레진을 개발한 이후, 산 부식법을 이용한 복합레진 수복이 결손된 치아의 기능적 회복과 환자의 심미적 요구를 동시에 충족시킬 수 있는 방법으로 관심을 갖게 되었다. 산 부식법으로 법랑질에 복합레진을 결합시키는 방식은³⁻⁶⁾ 임상적으로 널리 이용되고 성공적인 것으로 밝혀졌다. 그러나, 미중합된 단량체에 의한 치수 자극⁷⁾과 중합 수축으로 인한 변연 누출⁸⁾ 등의 단점으로 임상 적용에 제한이 있는 것 또한 사실이다.

이러한 제한을 극복하기 위한 노력의 일환으로 1972년 Wilson과 Kent⁹⁾에 의해 Aluminosilicate polyacrylate cements로 처음 소개된 글래스아이오노머 시멘트는 치아에 대한 화학적 결합능력^{10,11)}, 불소유리에 의한 항우식능¹²⁾ 및 낮은 치수 자극성^{13,14)}과 체적 안정성¹⁵⁾을 유지하며, 간편한 와동형성¹⁶⁾, 경화시 미약한 온도상승¹⁷⁾ 등의 장점을 보여 다양한 용도로 이용되고 있다. 그러나 기계적 성질이 불량하고 표면균열 및 비심미성으로 인해 광범위한 사용에는 아직 제약이 있다¹⁸⁾. 이에 McLean과 Wilson¹⁹⁾은 두 재료의 단점을 보완하고자 상아질 부위는 글래스아이오노머 시멘트로 이장하고, 법랑질 부위는 복합레진으로 수복하는 기법으로 Sandwich technic 또는 double laminate technic을 소개하였다. 이러한 술식들에 대하여 Mathis등²⁰⁾은 미세누출의 감소로 우수한 변연봉쇄를 획득할 수 있음을 밝혔고, Garcia-Godoy등²¹⁾은 복합레진이 표층에 존재함으로써 해서 심미성과 마모저항성이 증

가된다고 보고한 바 있다.

임상에서 치수 치료나 치아우식부에 대한 치료시 노출된 상아질면에 대한 임시이장 및 충전재로 Zinc Oxide powder와 Eugenol(이하 ZOE)를 사용한다. 이 때 상방의 수복재료로 레진 및 레진성분이 함유된 재료를 사용할 경우 ZOE내부의 eugenol 성분이 레진의 중합을 방해하여 결합력을 약화시키고 수복물의 탈락률이 높아진다고 보고된 바 있다²²⁾. 이에 저자는 레진 성분이 포함되지 않은 화학중합형 글래스아이오노머 시멘트와 레진성분이 함유된 글래스아이오노머 시멘트, 글래스아이오노머성분이 함유된 복합레진 및 순수 복합레진을 사용하여 ZOE로 이장처리한 상아질과의 결합강도를 각각 비교 분석함으로써, 상아질과 각각의 재료 간 결합력에 대한 ZOE 표면처리의 영향을 평가할 목적으로 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

발거된 human molar 100개중 광학 현미경 상에서 교합면 손상이 없는 40개를 선택하였으며 이장재 및 임시충전재로 ZOE를 사용하고 수복재료는 화학중합형 글래스아이오노머인 Ketac-fil(ESPE Co.), 광중합형 글래스아이오노머(resin-modified glass ionomer)인 Fuji II LC(GC Co.), 글래스 아이오노머성분이 함유된 레진(compomer, polyacid-modified resin composite)으로 알려진 Dyract(Dentsply Co.)와 광중합형 복합레진 Z-100(3M Co.)를 사용하였다(표1).

2. 연구방법

1) 실험군의 설정

사용된 네가지 종류의 수복재로 순수 글래스아이오노머부터 복합레진까지 레진성분 함량정도에

Table 1. Materials used in this study

| Materials | Characteristics | Manufacturer |
|------------|---------------------------------|--------------|
| Ketac-fil | chemical cured glass ionomer | ESPE Co. |
| Fuji II LC | resin modified glass ionomer | GC Co. |
| Dyract | polyacid modified glass ionomer | Dentsply Co. |
| Z-100 | composite resin | 3M Co. |

따라 Ketac-fil, Fuji II LC, Dyract와 Z-100을 사용하였다.

실험군으로는 ZOE를 전처리한 후 수복을 하고 대조군은 동일 재료를 전처리없이 수복한 군으로 분류하였다.

2) 시편제작

각 군당 5개씩 총 40개의 치아를 가로 10mm, 세로 10mm, 높이 20mm의 자가중합 레진에 매식하여 block을 제작하고 교합면쪽으로 grinding을 시행하여 건전한 상아질면이 평탄하게 노출되도록 하고 1000번 연마지로 최종연마를 시행하였다.

노출된 상아질면 상단에 ZOE를 처리한 후 37°C 항온수조에 1주일간 보관후 ZOE를 저속의 handpiece를 이용하여 제거한후 수복재료를 충전하였다.

첫 번째 실험군(A군)에는 Ketac-fil, 두 번째 실험군(B군)에는 Fuji II LC, 세 번째 실험군(C군)에는 Dyract, 네 번째 실험군(D군)에는 Z-100을 교정용 elastic ring을 이용하여 충전하고 중합하였다.

각각 1mm 정도의 두께로 분할 충전하고 광중합을 시행하여 4mm의 높이를 완성한 후, 여분의 재료는 blade를 이용하여 제거하고 다시 원통형 기둥의 네 방향에서 재차 광중합을 시행하였다.

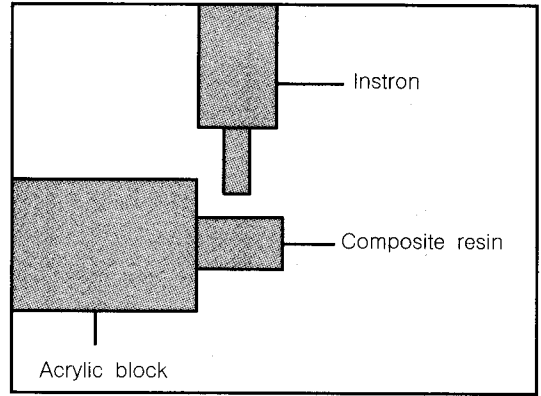
B와 C, D군에는 Visilux 2 light source (3M Co.)로 중합시키고, A군에서는 충분한 중합이 이루어지도록 상온에서 보관하였다.

각각의 대조군에는 ZOE처리를 하지않고 실험군과 동일 방법으로 수복을 시행하였다.

중합이 완료된 40개의 시편은 37°C 항온수조에 24시간 보관후 전단 결합강도를 측정하였다.

3) 전단결합강도 측정 (그림1)

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 다음공식을 이용하여 계산하여 전단 결합강도를 계산하고 Megapascal(MPa) 단위로 환산하였다.



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

(P: 전단하중, d: 결합부의 직경)

4) 통계처리

실험에서 얻어진 수치들에 대한 통계분석은 컴퓨터용 통계프로그램을 이용하여 one way ANOVA 및 t-test로써 ZOE 전처리에 따른 결합력의 차이에 대해 검정하였다.

III. 연구성적

4종의 수복재를 사용하여 ZOE 전처리군과 대조군의 전단결합강도를 측정한 결과는 표2와 같다.

대조군에서 Ketac-fil과 Fuji II LC 같은 글래스아이오노머 성분이 다량 포함된 재료인 경우 기존의 화학중합형 글래스아이오노머군의 전단결합강도로 알려진 3 MPa 정도로 나타났고 Dyract와 Z-100의 경우는 7 MPa 정도로 나타났다.

실험군에서는 Ketac-fil과 Z-100을 제외하고 거의 1 MPa정도로 결합강도가 저하되었다.

1) 각 재료군의 ZOE 처리 유,무에 따른 결합강도비교(표3)

ZOE 전처리를 시행한 군과 시행하지않은 대조

Table 2. Shear bond strength (MPa)

| | control group | experimental group |
|------------|---------------|--------------------|
| Ketac-fil | 2.76±0.27 | 1.92±0.41 |
| Fuji II LC | 2.86±0.29 | 1.33±0.28 |
| Dyract | 5.45±1.40 | 1.65±0.54 |
| Z-100 | 7.18±0.28 | 3.79±0.41 |

Table 3. Comparison of bond strength between groups

| | group A' | group B' | group C' | group D' |
|---------|----------|----------|----------|----------|
| group A | NS | - | - | - |
| group B | - | * | - | - |
| group C | - | - | * | - |
| group D | - | - | - | * |

NS : Non-Significant(P>0.05), * (P<0.05)

군에 있어서 결합강도의 유의성을 t-test로 검정한 결과 Ketac-Bond을 제외한 모든 재료에서 유의할 만한 차이가 있었다.(P<0.05)

2) 각 재료간의 결합강도비교

각 재료간의 유의성을 ANOVA test로 검정한 결과 유의할 만한 차이가 있었다.(P<0.05)

IV. 총괄 및 고안

임상에서 널리 사용되어지는 글래스아이오노머와 복합레진의 단점을 극복하고자 글래스아이오노머와 복합레진을 병용하는 Sandwich technique이 사용되고 있으며 두 재료의 성분을 혼합하여 개발된 새로운 재료들도 수복재로서 널리 이용되고 있다.

Sandwich technique에서 글래스아이오노머는 치수에 위해 영향을 거의 주지 않으면서 상아질과 접착할 수 있고²⁴⁾, 복합레진과도 기계적으로 접착할 수 있는 성질을 가지고 있으므로 복합레진 하방의 이장재 또는 base로서 중요한 역할을 한다²⁵⁾. 또한 글래스아이오노머는 복합레진만으로 수복된 경우에 발생하는 경화수축으로 인한 미세누출을 균일한 체적 안정성으로 보상하고 복합레진의 부피를 감소시켜 중합수축을 감소시킬 수 있다고 하였다.

그러나, Hinoura등²⁶⁾과 Garcia-Godoy등²⁷⁾은 Sandwich technique에 대한 계속적인 연구중에 하부의 글래스아이오노머와 복합레진과의 결합력에 있어서 글래스아이오노머를 인산으로 부식하여 거칠고 넓은 표면을 얻은 후 복합레진과 결합시킨 경우에 결합강도가 증가한다는 보고를 하였으나, Papagiannoulis등²⁸⁾은 글래스아이오노머를 산 부식

하고 복합레진을 결합시킨 경우 변연누출이 발생한다고 보고하였다. Earl등²⁹⁾은 글래스아이오노머의 반응이 화학적으로 활발한 시기에 산부식이 시행되어 경화를 방해하게 되어 물성을 저하시킬 수 있으며, 또한 Wilson등³⁰⁾은 빠른 경화를 위해 개발된 이장용 글래스아이오노머는 빠른 경화를 위해 glass의 성분 중 aluminum의 함량을 증가시킴으로써 심미성 저하와 자체강도의 감소를 가져오고, 충전용은 투명도의 향상을 위해 silica 함량을 증가시킴으로써 경화속도가 완만하여 완전 경화전에 산부식시킬 경우, 산부식제와 수분에 의해 금속이온이 제거되어 염을 형성하지 못해 강도가 감소된다고 하였다.

Mathis등³⁰⁾은 13wt%의 광중합레진액과 87wt%의 글래스아이오노머 시멘트액을 혼합해 불소가 함유된 혼성수분액을 제조하여 물리적 성질을 개선하였고, 1992년에 Croll³²⁾에 의해 80%의 글래스아이오노머와 20%의 광중합레진의 혼합물로 구성되어 있는 resin-modified glass ionomer를 개발하였다. 그리고, 레진성분을 더욱 증가시킨 polyacid-modified composite resin도 임상에서 널리 사용되고 있다. 혼성된 재료는 글래스아이오노머에 광중합 레진 성분이 함유된 resin-modified glass ionomer(광중합형 글래스아이오노머)와 레진에 글래스아이오노머 성분이 함유된 polyacid-modified composite resin(compomer)가 다방면으로 개발 사용되어지고 있다. 그리고, 레진성분을 더욱 증가시킨 polyacid-modified composite resin도 임상에서 널리 사용되고 있다. 광중합형 글래스아이오노머는 화학중합형 글래스아이오노머와 광중합형 레진의 혼합물 형태로 광중합 성분은 Bis-GMA와 triethylenglycol dimethacrylate의 혼합물에 첨가된 camphoroquinone과 dimethylaminoethyl methacrylate이며, 중합반응은 대개 두 단계로 일어나는데 1차로 산-염기반응의 느린 중합반응이 그리고 2차로 레진의 광중합반응이 가속되어 나타나게 된다.

혼합된 레진성분이 상아질에 대한 결합력에는 영향을 주지 않기 때문에 상아질 침투를 우수하게 하기 위해 hydroxyethyl methacrylate가 첨가되고, 또한 carboxylic acid의 결합력에 의해 결합강도가 높아진다고 Aboush와 Jenkins³¹⁾, Becch등³²⁾ 그리고 Causton과 Johnson³³⁾에 의해 보고되었다. 복합레진

과의 결합력은 광중합 글래스아이오노머에 첨가된 각종 methacrylate기와 복합레진의 methacrylate가 화학적으로 결합하여 우수한 결합강도를 보인다고 하였다.

compomer 의 경우는 기존의 resin 성분에 hydroxyapatite의 칼슘성분에 이온결합을 할 수 있도록 친수성 인산기를 포함한 coupling agent를 함유 시켜서 치질에 대한 결합력을 향상시켰다³⁴⁾.

치수 치료후 이장재 및 임시수복재로 널리 사용되는 ZOE 처리후 레진성분이 함유된 수복재와의 결합강도에 있어서 많은 문제점들이 제기되고 있다. Hansen과 Asmussen²⁹⁾에 의하면 복합레진의 중합은 라디칼에 의해 유도되는데 ZOE의 eugenol성분의 hydroxy group은 라디칼을 양자화시켜 재활성화를 저해하고 변형된 라디칼에 의해 중합개시를 방해하며 다량체형성을 유발하는 라디칼의 반응을 종료시킨다. 이 때 소량의 eugenol로도 중합이 저해 될 수 있다고 한다. 따라서 임시수복재로 사용된 ZOE를 제거한 경우에도 치질에 잔존하는 eugenol성분으로 인해 복합레진의 중합은 저해된다.

Christensen³⁵⁾에 의하면 불소가 함유되지 않은 pumice로 완전 세척을 할 경우 중합에 지장이 없다고 보고하기도 하였다.

Hume는 eugenol 이 상아질 자체의 변성을 유도한다고 하였는데 ZOE가 상아질에 1mm만 근접해도 eugenol 성분이 함유된다고 보고하였고, Schack는 eugenol 에 의해 protein 침전물이 형성되고 이는 상아질내의 칼슘이온과 chelation을 이루어 결합력의 약화를 가져온다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 화학중합형 글래스아이오노머인 Ketac-Bond을 제외하고 레진성분이 함유된 재료를 ZOE 처리후 적용한 경우 유의성 있는 결합강도의 감소를 보였다.

Z-100의 경우도 실험군에서 대조군에 비해 강도가 저하되었으나 레진자체강도가 글래스아이오노머에 비해 우수하므로 실험군에서도 비교적 우수한 결과를 나타내었다.

V. 결 론

본 연구는 심미 수복재로 사용되는 글래스아이

오노머와 상아질간의 결합력에 미치는 ZOE의 영향을 평가할 목적으로 발거된 대구치를 대상으로 실험군 및 대조군 각각 40개의 시편을 제작하였다. 화학중합형 글래스아이오노머, 광중합형 글래스아이오노머, 글래스아이오노머 함유 compomer 및 복합레진을 사용하여 상아질면에 대한 ZOE 전처리 유무에 따른 결합강도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 화학중합형 Ketac-Bond을 제외한 3개 군에서 실험에서 대조군에 비해 결합강도가 유의성있게 낮게 나타났다(P<0.05).
2. 복합 레진의 경우 ZOE 처리 후에도 글래스아이오노머 계열보다 우수한 전단결합강도를 나타냈지만 실험군이 대조군에 비해 유의성 있는 감소를 보였다(P<0.05).
3. 화학중합형 글래스아이오노머가 가장낮은 결합강도를 보였으며 ZOE 표면처리에 영향을 받지 않았다.

참고문헌

1. Buonocore M.G.: Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces, J. Dent. Res., 34 : 849, 1955.
2. Bowen R.L.: Properties of silica reinforced polymer for dental restorations, J. A. D. A., 66 : 57-64, 1962.
3. Swift E.J., Perdigao J. and Heymann H.D.: Bonding to enamel and dentin - A brief history and state of the art, 1995. Quint. Int., 26:95-110, 1995.
4. Triolo P.T., Swift E.J.: Shear bond strengths of composite to dentin using six dental adhesive systems, Operative Dent., 20:46-50, 1995
5. Yap U.J., Stokes A.N. and Person G.J.: Concepts of adhesion - a review. New Zealand Dental Journal 90 :92-98, 1994.
6. Barkmeier W.W., Cooley R.L.: Laboratory evaluation of adhesive systems. Operative Dent., (Supplement 5):50-61, 1992.
7. Anderdon D.A.F., et al.: Cytotoxicity of variably

- cured light activated dental composites, *J. Dent. Res.*, 67:226, 1988.
8. Hembree J.H.: In vitro microleakage of a new dental adhesive system, *J. Prosthet. Dent.*, 55:442-445, 1986.
 9. Wilson A.D. and Kent B.E.: A new translucent cement for dentistry *Br. Dent. J.*, 132:133-135, 1972.
 10. Lacefield W.R., Reindl M.C. and Retief D.H.: Tensile bond strength of glass ionomer cement, *J. Prosthet. Dent.*, 53:194-198, 1985.
 11. Katsuyama S., Ishikawa T. and Fujii B.: Glassionomer dental cement-The materials and their clinical use, Ishiyaku EuroAmerica Inc. Publishers, 47-52, 1993.
 12. 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.
 13. Wilson A.D. and McLean J.W.: Glass ionomer cement, Quintessence Publishing Co. Inc., 125-126, 1988.
 14. Feiton D.A., et al.: Pulpal response to chemically and experimental light cured glass ionomer cavity liner, *J. Prosthet. Dent.*, 65:704-712, 1991.
 15. Wilson A.D. and McLean J.W.: Glass ionomer cement, Quintessence Publishing Co. Inc., 63, 1988.
 16. Wilson A.D. and McLean J.W.: Glass ionomer cement, Quintessence Publishing Co. Inc., 131, 1988.
 17. 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.
 18. Mount G.J.: Restoration with glass ionomer cement-Requirements for clinical success, *Oper. Dent.*, 6:59-65, 1981.
 19. Mclean J.W. and Wilson A.D.: The clinical development of the glass ionomer cement III the erosion lesion, *Aust. Dent. J.*, 22:190-195, 1977.
 20. Mathis R.S. and Ferracane J.L.: Properties of glass ionomer/ resin composite hybride material, *Dent. Mater.*, 5:355-358, 1989.
 21. Garcia-godoy F. and Malone W.F.P.: The effect of acid etching on two glass ionomer lining cements, Quintessence Publishing Co. Inc., 621-623, 1986.
 22. Croll T.P.: Glass ionomers and esthetic dentistry, *J.A.D.A.*, 123:51-54, 1992.
 23. Hansen E.K., Asmussen E.: Influence of temporary filling materials on effect of dentin-bonding agents, *Scand. J. Dent. Res.*, 95:516-520, 1987.
 24. Causton B., Sefton J. and Williams A.: Bonding class II composite to etched glass ionomer cement, *Br. Dent. J.*, 163:321-324, 1987.
 25. 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.
 26. Hinoura K., Moore B.K. and Philips R.W.: Tensile bond strength between glass ionomer cements and composite resins, *J.A.D.A.*, 114:167-172, 1987.
 27. Garcia-godoy F., Draheim R.N. and Titus H.W.: Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer base, Quintessence Publishing Co. Inc., 357-359, 1988.
 28. 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.
 29. Earl M.S.A. and Ibbetson R.J.: The clinical disintegration of glass ionomer cement, *Brit. Dent. J.*, 161:287-291, 1986.
 30. Wilson A.D. and McLean J.W.: Glass ionomer cement, Quintessence Publishing Co. Inc., 102, 1988.
 31. Aboush Y.E.Y. and Jenkins C.B.G.: An evaluation of the bonding of glass ionomer restoratives to dentin and enamel, *Br. Dent. J.*, 161:179-184, 1986.
 32. Beech D.R., Solomon A. and Bernier R.: Bond strength of polycarboxylic acid cements to

- treated dentine, *Dent. mater.*, 1:154-157, 1985.
33. Causton B.E. and 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.
34. Yap U.J., Lim C.C. and Neo C.L.:Marginal sealing ability of three cervical restorative systems, *Quintessence Int.*, 26:817-820, 1995.
35. Christensen G.:Temporary cementation, *CRA Newsletter* January, pl. 1992.
36. Hume W.R. :An analysis of the release and the diffusion through dentin of eugenol from zinc oxide-eugenol mixture. *J. Dent. Res.*, 63:881-884, 1984.