

# 미세 전산화 단층 촬영을 이용한 글라스 아이오노머 수복물의 인접면우식 재광화 효과에 관한 장기간 연구

이혁상 · 김영재 · 김정욱 · 장기택

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

## 국문초록

글라스 아이오노머 시멘트는 초기 우식 치질의 재광화 효과가 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 세 가지 종류의 시편되고 있는 글라스 아이오노머 시멘트(Fuji IX GP, Vitremer, F2000)를 실험군으로, 컴퍼짓트 레진(Filtek Z250)을 대조군으로 사용하여 9개월간 인접면 우식증에 대한 재광화 효과를 시편의 파괴 없이 3개월 간격으로 미세전산화 단층촬영으로 시편의 상을 얻고, 이렇게 얻은 상을 3차원으로 재구성하고 우식 부위의 미세밀도의 변화를 측정하여 재광화 정도를 평가하였다.

인접면 수복물은 인공 우식 병소가 있는 치아 시편과 수복 재료(세가지 글라스 아이오노머 및 컴퍼짓트 레진)를 접촉시켜 재현하였고, 이것을 인공 타액에 완전히 잠기도록 하여 pH 7.0, 37°C를 유지하였다. 치아 시편들은 실험 시작 후 90, 180, 270일 뒤에 꺼내어 미세 전산화 단층 촬영을 시행하였다. 얻어진 영상을 Vworks™ 4.0(CyberMed, Korea)을 사용하여 각 시편의 미세 밀도 값을 얻어낸 후, 각 군에서 얻어진 값을 SPSS 11판을 사용하여, one-way ANOVA로 분석하고, post HOC Tukey multiple comparison test로 검증을 시행하였다. 그 결과 모든 군에서 병소의 밀도가 증가하였으며, 매 3개월마다 실험군의 평균 밀도 증가량은 대조군의 평균 밀도 증가량과 비교하여 유의하게 높았다(P<0.05) 또한 실험군 간의 밀도 증가는 통계적인 유의 차가 없었다. 이번 실험의 의의는 기존의 연구 방법으로 알려져 있던 글라스 아이오노머의 초기 우식 병소 재광화 효과를 보다 시각적이고 객관적인 방법으로 검증했다는 점과 우식 병소의 재광화 효과의 연구에 사용될 수 있는 새로운 연구 방법을 제시한 점에 있다.

**주요어 :** 글라스 아이오노머 시멘트, 재광화, 인접면 우식증, 미세 전산화 단층 촬영

## I. 서 론

치아의 인접면에 발생하는 초기 우식 병소는 발견하기 힘들다. 또한 이러한 병소들은 발견된다고 할 지라도 치료하기가 어렵다. 이러한 인접면 초기 우식 병소를 재광화 할 수 있는 방법이 있다면, 이는 보존적이면서도 효과적인 치료 방법이 될 것이다.

불소는 치아 경조직의 재광화를 촉진하고 탈광화를 억제한다

고 알려져 있으며 글라스 아이오노머 시멘트는 이러한 불소를 방출하기 때문에 항우식 작용이 있다고 알려져 있다<sup>1-3)</sup>. 불소를 방출하는 특성 이외에도 글라스 아이오노머 시멘트는 치아에 화학적으로 부착할 수 있고, 조작이 쉬우며, 치아와 열팽창률이 비슷하다는 장점들을 지닌 재료이다<sup>4)</sup>.

이러한 장점들에도 불구하고 글라스 아이오노머 시멘트는 낮은 인장강도와 마모 저항성으로 인해서 힘을 많이 받는 부위의 수복물로는 사용할 수 없다. 최근에는 기존의 글라스 아이오노머 시멘트보다 충전재의 함량이 많은 재료가 개발되어 유치열의 임시 수복물로 사용되고 있다<sup>5)</sup>.

글라스 아이오노머 시멘트가 불소를 방출하는 특성에 대해서 알려진 바가 많기는 하지만, 인접면 우식의 재광화에 미치는 영향에 대해서는 아직은 그다지 많은 연구가 있지는 않았다. 또한, 기존의 연구 방법들의 한계로 인하여 장기간에 걸친 정량적

교신저자 : 장 기 택

서울시 종로구 연건동 28-1

서울대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel: 02-760-2681 Fax: 02-744-3599

E-mail: jangkt@snu.ac.kr

※ 본 연구는 서울대학교 치과병원 일반연구비 지원(04-2004-009-0)에 의하여 이루어진 것임.

이고 객관적인 연구를 할 수 없었다.

본 연구에서는 장기간(9개월)에 걸쳐서 글라스 아이오노머 시멘트(Fuji IX GP, Vitremer, F2000)와 대조군인 컴퍼짓트 레진(Filtek Z250)이 초기 인접면 우식의 재광화에 미치는 영향을 비교, 평가하였다.

II. 연구 재료 및 방법

교정 치료를 위해 발거가 된 26개의 소구치를 0.1% thymol 용액에 보관하였고, 그 중에서 인접면에 우식 병소가 없는 20개를 실험용 시편으로 사용하기로 하였다. 치아의 근심면과 원심면 contact point 주변의 약 1mm × 6mm 부위를 제외하고 치아 전체를 산에 저항하는 바니쉬(nail varnish)로 피개하였다. 준비된 치아들은 인공 우식 타액(2.2mM Ca<sup>2+</sup>, 2.2mM PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, 50mM acetic acid)에 완전히 잠기도록 한 뒤, 우식 병소가 발생할 때까지 pH 4.4, 37℃를 유지하였다. 3일 뒤 시편에 인공 우식 병소가 발생하여 치아를 인공 우식 타액에서 꺼내어 바니쉬를 완전히 제거하고, ISOMET® Low Speed Saw(BUEHLER™, Lake Bluff, Illinois, USA)를 이용하여 치아의 근심면과 원심면에서 각각 2개씩 시편을 제작하였다. 잘라진 시편은 아크릴릭 레진 블록에 매식하였고, 미세 전산화 단층 촬영 장치인 desktop x-ray micro CT scanner(Sky-Scan-1072, SkyScan b.v.b.a., Belgium)을 사용하여 시편의 초기 단층 영상을 채득하였다.

인접면 수복물을 재현하기 위하여 새로운 아크릴릭 레진 블록에 지름 5mm의 구멍을 뚫어서 다음과 같은 수복재를 제조사

의 지시에 따라 충전하였다.

- 1군: Fuji IX GP (GC Corp., Tokyo, Japan)
- 2군: Vitremer (3M ESPE, St. Paul, Minn., USA)
- 3군: F2000 (3M ESPE, St. Paul, Minn., USA)
- 4군: Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, Minn., USA)

각 군은 인공 우식 병소가 있는 치아 시편과 수복된 레진 시편이 짝을 이룬 16쌍으로 구성하였다. 두 시편은 유틸리티 왁스로 고정하고 인공 타액에 완전히 잠기도록 하여(인공 타액은 1g carboxymethyl cellulose sodium, 3g D-sorbitol, 84mg NaCl, 120mg KCl, 15mg CaCl, 5mg MgCl<sub>2</sub>, and 34mg dibasic phosphate 등을 포함하고 있다.) pH 7.0, 37℃를 유지하였다. 치아 시편들은 실험 시작 후 90, 180, 270일 뒤에 꺼내어 미세 전산화 단층 촬영을 시행하였다.

얻어진 단층 이미지들을 Vworks™ 4.0(CyberMed, Korea)을 사용하여 3차원 영상으로 만들었다(Fig. 1). 3차원 영상의 인공 우식 부위에서 무작위로 다섯 개의 단면을 선택하고 각 단면당 5개의 점을 임의로 선택하여 Vworks™ 4.0의 밀도 측정 도구를 사용하여 해당 부위의 밀도 값을 얻었다(Fig. 2). 이 25개 밀도 값의 평균을 내어 해당 시편의 평균 밀도로 기록하였다. 재광화 효과는 네 군 사이의 평균 밀도 변화를 비교하여 평가하였다.

각 군에서 얻어진 값은 SPSS 11판을 사용하여, one-way ANOVA로 분석하고, post HOC Tukey multiple comparison test로 검증을 시행하였다.

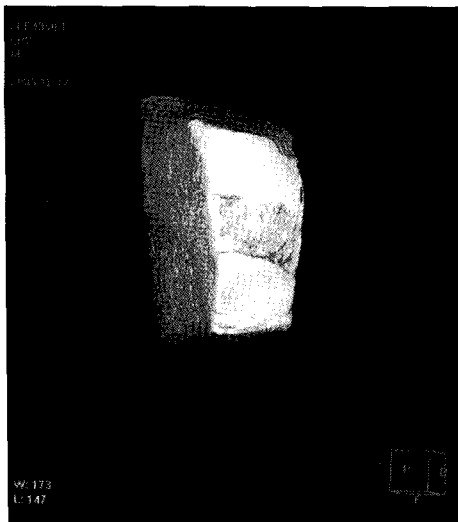


Fig. 1. 3-D reconstructed image of tooth specimen by Vworks™ 4.0.

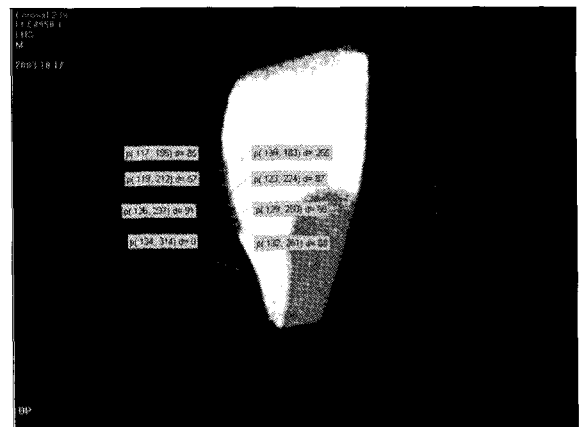


Fig. 2. Five randomly selected sites in a tooth slice. "0" indicates the most radiolucent pixel of this image, "255" the most radio-opaque pixel.

Ⅲ. 결 과

Table 1은 매 3개월마다 측정된 시편의 밀도와 표준 편차를 보여준다. 이번 실험에서는 모든 군의 시편에서 병소의 밀도 증가가 일어났으며, post HOC Tukey multiple comparison test를 시행한 결과, 실험군은 대조군에 비해 매 3개월마다의 밀도 증가가 유의차 있게 더 컸다(Table 2) ( $p < 0.05$ ). 하지만, 1군, 2군, 3군 사이에서는 유의차가 없었다. 그리고, 실험군에서 밀도의 증가량은 시간이 지남에 따라 감소하였다(Fig. 3).

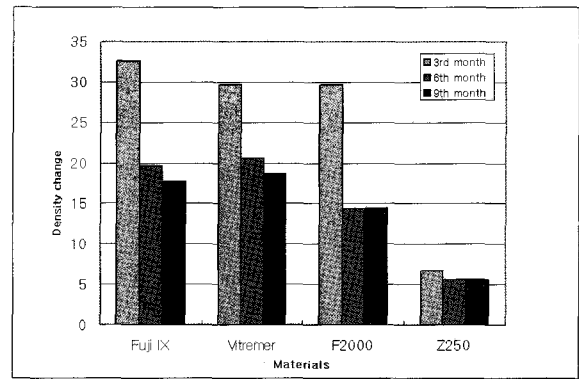


Fig. 3. Mean density change of restorative materials in every 3 months.

Table 1. Mean density by group according to duration of remineralization

Group	Pre-treatment	3 months post-treatment	6 months post-treatment	9 months post-treatment
1	55.34±5.55	88.00±5.90	107.56±6.75	125.27±6.83
2	56.34±6.01	86.00±6.74	106.58±6.81	125.17±7.07
3	66.05±4.90	95.64±5.17	110.03±5.94	124.49±6.61
4	54.23±5.71	60.95±5.89	66.51±6.02	72.08±6.10

Table 2. Density change comparisons for all groups(p-value)

		Difference		
		ΔD3	ΔD6	ΔD9
Group 1	Group 2	0.994	0.978	0.886
	Group 3	0.762	0.657	0.929
	Group 4	0 *	0 *	0 *
Group 2	Group 1	0.994	0.978	0.886
	Group 2	0.606	0.874	0.999
	Group 3	0 *	0 *	0 *
Group 3	Group 1	0.762	0.657	0.929
	Group 2	0.606	0.874	0.999
	Group 4	0 *	0 *	0 *
Group 4	Group 1	0 *	0 *	0 *
	Group 2	0 *	0 *	0 *
	Group 3	0 *	0 *	0 *

\* The mean difference is significant at the 0.05 level

ΔDn refers to the density change between the (n-3)<sup>th</sup> and n<sup>th</sup> months after treatment. For example, ΔD3 is the difference between pre-treatment density and three-month post-treatment density.

#### IV. 총괄 및 고찰

이번 연구 결과에 의하면, 세 가지 종류의 글라스 아이오노머 시멘트는 컴퍼짓트 레진보다 인접면 우식 병소의 재광화 효과가 뛰어나다. 글라스 아이오노머 시멘트를 이용한 2급 와동 수복물이 접촉한 치아의 법랑질의 탈회를 줄이고 재광화를 촉진한다는 사실은 기존의 연구에서 밝혀진 바 있으며, 이는 이번 연구 결과와도 일치한다<sup>6-10</sup>.

글라스 아이오노머 시멘트 수복물과 접촉한 인공 우식 병소에서 나타난 밀도의 증가는 재료에서 방출되는 불소 때문에 예상했던 바였다. 하지만 대조군인 컴퍼짓트 레진 수복물과 접촉한 인공 우식 병소에서도 밀도의 증가가 관찰되었는데, 이는 컴퍼짓트 레진에서는 불소가 방출되지 않지만, 인공 타액 안에 있는 칼슘 이온이 인공 우식 병소로 침착되어 나타난 현상으로 사료된다.

문헌에 따르면 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트는 적어도 전통적인 글라스 아이오노머 시멘트 정도의 불소를 방출한다고 한다<sup>11,12</sup>. 이번 연구에서는 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트가 컴퍼머보다 더 많은 양의 불소를 방출하였으나, 그 차이는 적었다. 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트는 전통적인 글라스 아이오노머 시멘트와 항우식 효과가 같다고 알려져 있다<sup>11,12</sup>.

치아 법랑질의 재광화에 대한 대부분의 연구에서는 편광 현미경, 미세 방사선 촬영술 (microradiography), 그리고 광학 현미경을 사용해왔다<sup>13</sup>. 어떠한 전통적인 광학적이거나 전자적인 현미경도 시편의 표면이나 얇게 자른 단면 같은 2차원 평면만을 관찰할 수 있다. 하지만 대부분의 경우에 본래의 3차원 구조에 대한 의미 있는 결과는 이러한 2차원 정보만으로는 얻을 수 없다. 3차원적인 정보를 얻으려면, 시편을 매우 얇게 잘라내어 광학 현미경으로 관찰하고, 얻어낸 2차원 영상을 이용하여 3차원 모형을 재구성하는 방법을 사용해야 한다. 이러한 방법들은 효과적이기는 하지만 몇몇 한계를 지닌다. 또 다른 방법은, 방사선 사진을 이용하여 완벽한 3차원 내부 구조의 2차원 그림자 상을 얻는 것이다. 하지만 이 방법도 깊이에 관한 모든 정보를 상실하기 때문에 한계가 있다. 이번 연구에 사용된 미세 전산화 단층 촬영을 이용한 연구 방법은 시편을 파괴하거나 화학적인 고정을 하지 않고 완벽한 3차원 구조물을 시각화하고 측정할 수 있는 방법이며, 재광화의 정도를 정량화할 수 있다<sup>14-16</sup>.

전통적인 의학용 단층 촬영기는 1에서 25mm 범위의 공간 해상도를 지니며, 1에서 10 mm<sup>2</sup>의 voxel(volume element)을 가진다. 최근의 전산화된 방사선 현미경은 공간 해상도가 7배에서 8배 정도 향상되었다. 예를 들어 이번 실험에 사용한 SkyScan-1072 system은 5 μm의 해상도 혹은, 1×10<sup>-7</sup>mm<sup>2</sup>의 voxel(volume element) size를 지닌다. 또한 일반적인 단층 촬영기와 마찬가지로 시편의 파괴없이 내부 구조를 재건하고 분석할 수 있으며, 단층 영상과 완벽한 3차원 내부 미세구조 영

상도 얻을 수 있다.

Vworks™ 4.0은 컴퓨터 프로그램이며 DICOM(Digital Image Communication in Medicine) 3.0 파일이나 전산화 CT, MRI, 3차원 초음파 기기에서 얻은 영상을 재구성하여 다양한 포맷(slice image, MPR image, oblique image)으로 만들어 주는 기능이 있다. 사용자는 이 프로그램을 사용하여 3차원의 의학 모형을 제작하거나 컴퓨터에 저장된 이미지를 이용해서 거리를 재거나, 밀도, 부피 등의 3차원적인 계측을 할 수 있다.

이러한 영상 처리 방법은 다양한 장점이 있는데: 첫째, 미세 단층 촬영을 이용한 연구 방법은 비파괴적이다. 미세 정도 측정이나 그 밖의 전통적인 현미경적인 연구 방법과는 달리 미세 단층 촬영은 같은 시편으로 사전 사후 연구를 시행할 수 있다. 미세 단층 촬영은 그 자료를 처리함에 있어서 Vworks™를 사용하여 정량적이기 때문에 기존의 방법에 비해 더욱 객관적이고 정확하다<sup>14-17</sup>. 마지막으로, 이번 연구에서 볼 수 있듯이 미세 단층 촬영은 재광화 효과를 직접 시각화할 수 있다.

이번 연구에서 간과된, 실제 구강 내에서 일어날 수 있는 불소 함유 치약에 의한 불소 재 충전같은 글라스 아이오노머 시멘트의 몇몇 특성에 대해서는 추가적인 실험에 의한 연구가 필요하다<sup>4,5,12,18</sup>.

#### V. 결 론

세 가지 종류의 시편되고 있는 글라스 아이오노머 시멘트 (Fuji IX GP, Vitremer, F2000)를 실험군으로, 컴퍼짓트 레진(Filtek Z250)을 대조군으로 사용하여 9개월간 인접면 우식 증에 대한 재광화 효과를 미세 전산화 단층 촬영을 이용하여 시편의 파괴 없이 3개월 간격으로 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 군에서 병소의 밀도가 증가하였다.
2. 매 3개월마다 글라스 아이오노머군의 평균 밀도 증가량은 레진군의 평균 밀도 증가량과 비교하여 유의하게 높았다 (P<0.05).
3. 실험군 간의 밀도 증가는 통계적인 유의차가 없었다.
4. 미세전산화단층 촬영은 재광화 효과를 직접 시각화할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. ten Cate JM : *In vitro* studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. J Dent Res, 69:614-619, 1990.
2. Featherstone JD, Glena R, Sharati M, et al. : Dependence on *in vitro* demineralization of apatite and remineralization on dental enamel on fluoride concentration. J Dent Res, 69:620-625, 1990.

3. Segura A, Donly KJ, Stratmann RG : Enamel remineralization on teeth adjacent to Class II glass ionomer restorations. *Am J Dent*, 10(5):247-50, 1997.
4. Eichmiller FC, Marjenhoff WA : Fluoridereleasing dental restorative materials. *Oper Dent*, 23(5):218-28, 1998.
5. Harry FA : *Tooth-Colored Restoratives: Principles and Techniques*, Ninth Edition, BC Decker Inc, Hamilton, London, 43-55, 2002.
6. Jang KT, Garcia-Godoy F, Donly KJ, et al. : Remineralizing effects of glass ionomer restorations on adjacent interproximal caries. *ASDC J Dent Child*, 68(2):125-8, 2001.
7. Bynum AM, Donly KJ : Enamel de/remineralization on teeth adjacent to fluoride releasing materials without dentifrice exposure. *ASDC J Dent Child*, 66(2):89-92, 1999.
8. Hatibovic-Kofman S, Suljak JP, Koch G : Remineralization of natural carious lesions with a glass ionomer cement. *Swed Dent J*, 21(1-2):11-7, 1997.
9. Donly KJ, Segura A, Wefel JS, et al. : Evaluating the effects of fluoride-releasing dental materials on adjacent interproximal caries. *J Am Dent Assoc*, 130(6):817-25, 1999.
10. Forss, H, Seppa L : Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials. *Scand J Dent Res*, 98(2):173-8, 1990.
11. Dunne SM, Goolnik JS, Millar BJ, et al. : Caries inhibition by a resin-modified and a conventional glass ionomer cement *in vitro*. *J Dent*, 24(1-2):91-4, 1996.
12. Forsten L : Resin-modified glass ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand*, 53(4):222-5, 1995.
13. Serra MC, Cury JA : The *in vitro* effect of glass-ionomer cement restoration on enamel subjected to a demineralization and remineralization model. *Quintessence Int*, 23(2):143-7, 1992.
14. Skrtic D, Hailer AW, Takagi S, et al. : Quantitative assessment of the efficacy of amorphous calcium phosphate/methacrylate composites in remineralizing caries-like lesions artificially produced in bovine enamel. *J Dent Res*, 75(9):1679-86, 1996.
15. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, et al. : A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J*, 34(5):390-8, 2001.
16. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, et al. : Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*, 32(3):165-70, 1999.
17. 한수경, 김정옥, 이상훈 등 : Assessment of the chemomechanical caries removing efficacy: Microtomographic study. *대한소아치과학회지*, 30(3):406-414, 2003.
18. Diaz-Arnold AM, Holmes DC, Wistrom DW, et al. : Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mater*, 11(2):96-101, 1995.

## Abstract

LONG-TERM EVALUATING OF THE REMINERALIZATION OF INTERPROXIMAL CARIES  
ADJACENT TO GLASS IONOMER RESTORATIONS: A MICRO-CT STUDY

Hyeok-Sang Lee, Young-Jae Kim, Jung- Wook Kim, Ki-Taeg Jang

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry and Dental Research Institute, Seoul National University*

This in vitro study compared the remineralization of incipient interproximal caries in the presence of three glass ionomer cements (highly-filled glass ionomer cement, compomer, resin-modified glass ionomer cement) and a resin composite(control). The long-term changes in remineralization caused by each material were evaluated by microtomography.

Proximal restoration was simulated by placing tooth specimens and the various glass ionomer cements in closed containers with artificial saliva at 37°C and pH 7.0 for 30 days with constant circulation. Tomographic images were obtained with a micro CT scanner at 90, 180, and 270 days, and density-measuring software was used to calculate the micro-density of artificial caries lesions in the specimens. The mean density changes were compared between groups in order to evaluate the effects of remineralization. All data were analyzed using one-way ANOVA and the post-HOC Tukey multiple comparison test at  $p < 0.05$ .

While the density of artificial caries lesions increased for all treatments, the increases for the three glass ionomer groups were significantly higher than that for the resin group in each three month period. As time went on, the amount of density increase of the glass ionomer groups decreased, and significant differences were found between the remineralization effects of the glass ionomer groups.

**Key words** : Glass ionomer cement, Remineralization, Proximal caries, Micro- Computerized Tomography