

QLF(Quantitative light-induced fluorescence)를 이용한 글라스 아이오노머 수복물의 인접면 우식 재광화 효과에 관한 연구

이혁상 · 현홍근 · 장기택

서울대학교 치의학대학원 소아치과학교실 및 치학연구소

국문초록

글라스 아이오노머 시멘트는 초기 우식 치질에 재광화 효과가 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 시판되고 있는 세 가지 종류의 글라스 아이오노머 시멘트(Fuji IX GP™, Vitremer™, F2000™)를 실험군으로, 복합 레진(Filtek Z250™)을 대조군으로 사용하여 3개월간 인접면 우식증에 대한 재광화 효과를 시편의 파괴 없이 1개월 간격으로 QLF로 시편의 상을 얻고, 이렇게 얻은 상의 무기질 소실량(ΔQ)을 측정하여 ΔQ 의 변화량을 계산하여 시편의 재광화 정도를 평가하였다.

인접면 수복물은 인공 우식 병소가 있는 치아 시편과 수복재료(세 가지 글라스 아이오노머 및 복합 레진)를 접촉시켜 재현하였고, 이것을 인공 타액에 완전히 잠기도록 하여 pH 7.0, 37°C를 유지하였다. 치아 시편들은 실험 시작 후 30, 60, 90일 뒤에 꺼내어 QLF로 촬영하였다. 얻어진 영상을 QLF를 이용하여 시편 각각의 무기질 소실량(ΔQ)을 측정하였고, ΔQ 의 변화량($\Delta\Delta Q$), 즉 무기질 소실 변화량을 계산하여 얻어진 값을 ANOVA로 분석하고, Dunnett C multiple comparison test로 사후 검정을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 군에서 병소의 무기질 소실량(ΔQ)이 증가하였다.
2. 무기질 소실량(ΔQ)의 변화량인 무기질 소실 변화량($\Delta\Delta Q$)은, 1 개월 후에는 글라스 아이오노머 시멘트가 복합레진에 비해 유의하게 컸으며($p<0.05$), 글라스 아이오노머 중에서는 Fuji IX GP™가 Vitremer™, F2000™에 비해 유의하게 컸다($p<0.05$). 2 개월 후에는 Fuji IX GP™가 나머지 군에 비해 $\Delta\Delta Q$ 가 유의하게 컸으며($p<0.05$), 3 개월 후에는 모든 군간에 $\Delta\Delta Q$ 의 유의한 차이가 없었다.
3. 세 가지 글라스 아이오노머 시멘트에서 무기질 소실 변화량($\Delta\Delta Q$), 즉 재광화 정도는 시간이 지날수록 점차 감소하였다.
4. 대조군인 복합 레진 군에서도 무기질 소실 변화량($\Delta\Delta Q$)은 증가하였다.

주요어: 글라스 아이오노머 시멘트, 재광화, 인접면 우식증, Quantitative light-induced fluorescence(QLF)

1. 서 론

치아의 인접면에 치아 우식증으로 인해 생긴 외동을 치료하다 보면, 인접치의 인접면에도 초기 우식증이 발생한 경우를 종종 발견하게 된다. 하지만 이러한 초기 우식 병소는 발견한다고 하더라도 기존의 침습적인 방법 이외의 수단으로 치료하기 어렵다. 치아 인접면의 초기 우식 병소가 수복재를 이용하여 재광화 될 수 있다면 비침습적이면서도 효과적인 치료 방법이 될 것이다.

불소는 치아 경조직의 재광화를 촉진하고 탈광화를 억제하는 특성을 지닌다고 알려져 있다. 글라스 아이오노머 시멘트는 여러

가지 수복 재료 중에서 이러한 불소를 방출하는 특성을 지니고 있으며, 불소의 항우식 작용과 재광화를 촉진하는 성질 때문에 수복물 인접 부위에 항우식 작용을 나타낸다고 알려져 있다¹⁻³⁾.

글라스 아이오노머 시멘트는 불소를 방출하는 특성 이외에도 치아에 화학적으로 부착하며, 치아와 열팽창률이 비슷하다는 장점을 지닌 재료이지만 낮은 인장강도와 마모저항성으로 인해 서 힘을 많이 받는 부위의 수복물로는 사용할 수 없다. 하지만 기존의 글라스 아이오노머 시멘트보다 충전재의 함량이 많은 재료가 개발되어 현재 유치열의 임시 수복물 등으로 사용되고 있다^{4,5)}.

QLF™(Quantitative light-induced fluorescence;

교신저자 : 장 기 택

서울특별시 종로구 창경궁로 166 / 서울대학교 치과대학 소아치과학교실 / 02-2072-2682 / jangkt@snu.ac.kr

원고접수일: 2011년 05월 09일 / 원고최종수정일: 2011년 07월 20일 / 원고채택일: 2011년 08월 08일

* 이 논문은 서울대학교 치과병원 일반연구비(04-2008-0025) 지원에 의해 이루어진 것임.

Inspector Research System BV, The Netherlands)는 치아 경조직에서 무기질 소실로 인해 광학적 변화가 나타난다는 것에 착안해서 개발된 방법으로 가시광선을 사용하여 빛의 산란 효과로 인한 법랑질 고유의 형광성을 정량화한 장비이다. 50W xenon arc lamp에서 나온 빛이 필터에 의해 걸러진 370 nm 파장을 가진 푸른 빛이 치아를 통과하게 되며, 520 nm의 필터를 이용, 치아에서 산란된 청색광을 제거하여 녹색 빛($\lambda \geq 520$ nm)만을 CCD 카메라가 감지한다. 건전한 법랑질에서는 녹색이 우세하게 나타나고, 탈회된 법랑질에서는 자가형광성이 감소하게 되며, 그 양은 특수한 software에 의해 정량화되어 무기질 소실량(ΔQ)이 측정되는 것이다⁶⁻¹³⁾.

본 연구에서는 비교적 장기간(3개월)에 걸쳐서 글라스 아이오노머 시멘트(Fuji IX GP™, Vitremer™, F2000™)와 대조군인 복합 레진(Z250™)이 초기 인접면 우식의 재광화에 미치는 영향을 QLF™를 이용하여 관찰하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

치아 우식이 없고 인접면이 건전한, 교정적인 목적으로 발거된 사람의 소구치 32개를 4℃ 0.1% thymol 용액에 보관하였다. 치아를 협설로 절단하여 근심과 원심 치아 절편을 아크릴릭 블록에 매식하고 각각의 인접면 contact point 주변의 약 3 mm × 3 mm 부위를 제외하고 치아 전체를 불소가 없는 투명 바니쉬(nail varnish)로 2회 피개 하였다. 준비된 시편들은 37℃ 인공 우식 용액(75 mM acetic acid, 2 mM CaCl₂, 2 mM K₂HPO₄, pH 4.3)에 완전히 잠기도록 한 뒤, 3일간 유지하였다.

인공 우식 병소가 형성된 치아 시편에서 바니쉬를 제거한 뒤, 증류수로 세척하고 30초 동안 압축공기로 시편을 건조시킨 후 QLF™를 이용하여, 인공 우식 병소의 이미지를 얻고 그 이미지에서 무기질 소실량(ΔQ)을 측정 하였다.

또한 접촉하는 수복물로서 아크릴 블록에 직경 5 mm의 홈을 판 후 1군은 고충전 글라스 아이오노머 시멘트(Highly-Filled Glass Ionomer Cement)인 Fuji IX GP™ (GC Corp., Tokyo, Japan), 2군은 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트(Resin Modified Glass Ionomer Cement)인 Vitremer™ (3M ESPE, St. Paul, Minn., USA), 3군은 컴포머(Compomer)인 F2000™(3M ESPE, St. Paul, Minn., USA), 4군은 복합 레진인 Z250™(3M ESPE, St. Paul, Minn., USA)을 제조자의 지시대로 충전하였다.

각 군은 무작위로 선택한 16개의 치아 시편과 수복물 블록으로 구성하였으며, 이러한 치아들을 수복물과 접촉시킨 상태로 37℃, pH 7.0의 인공 타액에 담가두고 1개월, 2개월, 3개월 경과 후에 QLF™로 각각의 시편의 무기질 소실량(ΔQ)을 측정하고 그 변화량($\Delta \Delta Q$)을 계산하였다.

각 군에서 얻어진 $\Delta \Delta Q$ 값은 SPSS 12판을 사용하여 ANOVA로 분석하고, multiple comparison test(Dunnett C)로 사후검정을 시행하였다.

III. 결 과

Table 1은 매 1개월마다 측정된 시편의 무기질 소실량(ΔQ)값의 평균과 표준편차를 보여주며 Table 2는 매 개월마다 ΔQ 의 변화량($\Delta \Delta Q$)의 평균 값과 표준편차이다. $\Delta \Delta Q$ 1은 1개월째의 ΔQ 와 실험 시작 시의 ΔQ 값의 차이이다. 이번 실험에서는 모든 군의 시편에서 ΔQ 값의 증가가 일어났다. $\Delta \Delta Q$ 값으로 ANOVA를 시행하고, 등분산 가정에 위배되어 multiple comparison test로 Dunnett C를 사용하여 사후 검정한 결과, 실험 후 1개월에서는 1군과 2, 3, 4군, 2군과 1, 4군, 3군과 1, 4군 그리고 4군과 1, 2, 3군 사이에 $\Delta \Delta Q$ 값에서 통계적 유의차가 나타났고($p < 0.05$), 2개월에서는 1군과 4군만 $\Delta \Delta Q$ 값 변화에서 통계적 유의차가 나타났으며($p < 0.05$), 3개월에서는 모든 군간 $\Delta \Delta Q$ 값의 통계적 유의차가 없었다(Table 3, Fig. 1).



Fig. 1. QLF™(Quantitative light-induced fluorescence; Inspector Research System BV, The Netherlands)

Table 1. Mean ΔQ by group according to duration of treatment

Group	Pre-treatment	1 month post-treatment	2 months post-treatment	3 months post-treatment
1	-92.4313 ± 10.7557	-87.0625 ± 10.4074	-84.4631 ± 10.8145	-82.4244 ± 10.9779
2	-89.3675 ± 15.1285	-85.3413 ± 15.4835	-83.0069 ± 15.1178	-80.9519 ± 14.7741
3	-90.3944 ± 10.9081	-86.6794 ± 10.7338	-84.3200 ± 10.4541	-82.3850 ± 10.1980
4	-92.1488 ± 11.1677	-90.2781 ± 11.0621	-88.3988 ± 10.9555	-86.4850 ± 11.0085

Table 2. Mean $\Delta\Delta Q$ by group according to duration of treatment

Group	$\Delta\Delta Q1$	$\Delta\Delta Q2$	$\Delta\Delta Q3$
1	5.3688 ± 1.2801	2.5994 ± 0.7226	2.0388 ± 0.5046
2	4.0262 ± 1.2986	2.3344 ± 0.7854	2.0550 ± 0.5949
3	3.7150 ± 1.0740	2.3594 ± 0.8370	1.9350 ± 0.6098
4	1.8706 ± 0.3848	1.8794 ± 0.3284	1.9138 ± 0.3064

Table 3. Multiple Comparisons(Dunnett C)

I	J	Mean Difference(I-J)		
		$\Delta\Delta Q1$	$\Delta\Delta Q2$	$\Delta\Delta Q3$
Group 1	Group 2	1.3425*	0.265	-0.0162
	Group 3	1.6537*	0.24	0.1037
	Group 4	3.4981*	0.7200*	0.125
Group 2	Group 1	-1.3425*	-0.265	0.0162
	Group 3	0.3112	-0.025	0.12
	Group 4	2.1556*	0.455	0.1412
Group 3	Group 1	-1.6537*	-0.24	-0.1037
	Group 2	-0.3112	0.025	-0.12
	Group 4	1.8443*	0.48	0.0212
Group 4	Group 1	-3.1981*	-0.7200*	-0.125
	Group 2	-2.1556*	-0.455	-0.1412
	Group 3	-1.8443*	-0.48	-0.0212

*The mean difference is significant at the 0.05 level

$\Delta\Delta Q_n$ refers to the change of ΔQ between (n-1)th and nth months after treatment. For example, $\Delta\Delta Q1$ is the difference between pre-treatment ΔQ and 1-month post-treatment ΔQ .

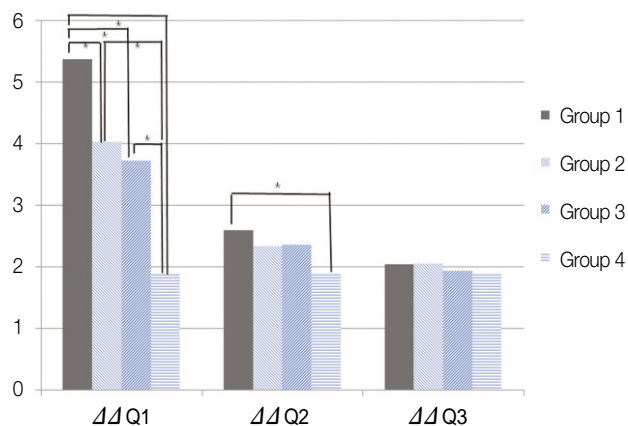


Fig. 2. Comparisons of $\Delta\Delta Q$ among groups at each month (*: $p < 0.05$).

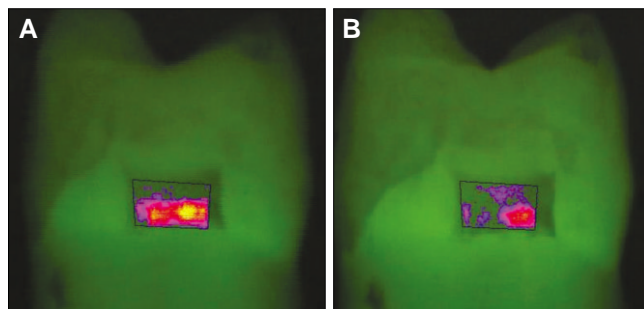


Fig. 3. A: Group 1 before treatment, B: Group 1 after 3 months.

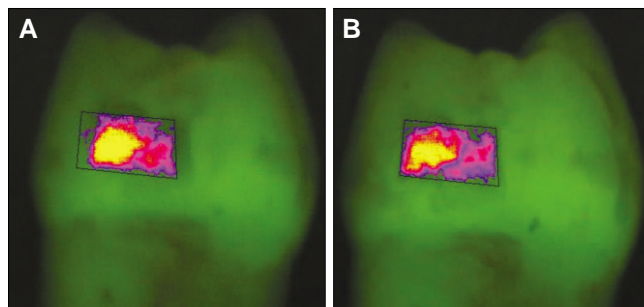


Fig. 4. A: Group 2 before treatment, B: Group 2 after 3 months.

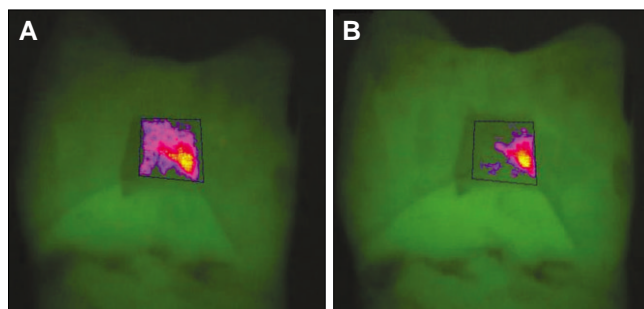


Fig. 5. A: Group 3 before treatment, B: Group 3 after 3 months.

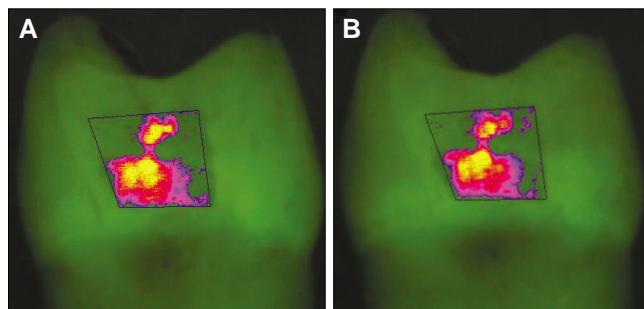


Fig. 6. A: Group 4 before treatment, B: Group 4 after 3 months.

IV. 총괄 및 고찰

이번 실험에서는 글라스 아이오노머 시멘트 수복물과 인접한 초기 우식 병소에서의 재광화 효과를 QLF™를 통해 비교적 장기간에 걸쳐 지속적으로 살펴보고자 하였다.

치아 우식증의 탈회와 재광화를 연구하는 실험실적 방법 중에서는 횡단미세방사선법(Transverse Microradiography, TMR)이 gold standard로 알려져 있다¹⁰⁻¹²⁾. 하지만 TMR은 임상에서 사용이 어렵고, 침습적이어서 장기간의 범랑질 재광화를 관찰하는데 한계가 있다^{10,13)}. 이러한 한계를 극복하고자 laser fluorescence(LF), digital imaging fiber-optic transillumination(DiFOTI), quantitative light-induced fluorescence(QLF), electronic caries monitor(ECM), 초음파 등이 소개되었고, Aljehani 등은 무기질 소실의 평가에 가장 우수한 TMR과 비교할 때, 이 중에서 QLF™가 0.84의 높은 상관 계수를 보인다고 평가하였다^{10,14,15)}. 따라서 본 연구에서는 3개월간 글라스 아이오노머수복물 인접 초기 우식 부위의 재광화 정도를 QLF™를 이용하여 정량적으로 평가하였다.

본 연구 결과에 의하면, 세 가지 종류의 글라스 아이오노머 시멘트는 실험 시작 1개월 후 복합레진에 비해 무기질 소실 변화량(ΔQ)이 통계적으로 유의한 정도로 크며 이는 글라스 아이오노머 시멘트에 의한 인접면 우식 병소의 재광화 효과가 있다는 것을 의미한다. 글라스 아이오노머 시멘트를 이용한 2급 와동 수복물이 접촉한 치아의 범랑질의 탈회를 줄이고 재광화를 촉진 한다는 사실은 기존의 연구에서 밝혀진 바 있으며, 이는 이번 연구 결과와도 일치한다¹⁶⁻²⁰⁾.

글라스 아이오노머 시멘트 수복물과 접촉한 인공 우식 병소에서 나타난 무기질 소실량(ΔQ)의 증가는 재료에서 방출되는 불소 때문에 예상했던 바였다. 하지만 대조군인 복합레진 수복물과 접촉한 인공 우식 병소에서도 무기질 소실량(ΔQ)의 증가가 관찰 되었는데, 이는 복합레진에서 불소가 방출되지 않지만, 인공 타액 안에 있는 칼슘 이온이 인공 우식 병소로 침착되어 나타난 현상으로 사료된다. 실제로 타액은 치아 무기질에 대해 파괴화 되어 있어, 탈회 과정에 소실된 무기질을 보충할 칼슘과 인산을 제공하여 재광화에 중요한 역할을 담당한다²¹⁾. Silverstone과 Hicks 등은 타액이 탈회된 범랑질을 재광화시킬 수 있다고 하였다^{22,23)}.

문헌에 따르면 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트는 적어도 전통적인 글라스 아이오노머 시멘트 정도의 불소를 방출한다고 한다^{24,25)}. 이번 연구에서는 실험 시작 1개월 후의 무기질 소실량(ΔQ)의 변화량, 즉 재광화 정도가 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트가 컴포머보다 더 컸으나 통계적 유의차는 없었고, 전통적인 글라스 아이오노머 시멘트는 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트와 컴포머에 비해 재광화 정도가 유의차 있게 크다는 결과가 나왔다. 복합 레진은 나머지 세 가지 재료에 비해 재광화 정도가 유의차 있게 적었다. 2개월 후에서는 레진 강화형 글라스 아이오노머 시멘트와 컴포머, 그리고 복합 레진이 재광화 정도에 통계적으로 유의차가 없다는 결과가

나왔고, 전통적인 글라스 아이오노머와 복합 레진 간 유의차 있게 큰 재광화 정도를 보였다. 3개월 후에는 네 가지 재료 모두 재광화 정도에 통계적 유의차가 없는 것으로 나타났다. 시간이 흐를수록 재료 간 재광화 정도의 차이가 점점 줄어들어 결국 모든 재료 사이에서 재광화 정도의 차이가 유의차 없게 나타나는 것은 재료가 방출하는 불소의 양이 시간이 지남에 따라 점차 줄어들어 결국 더 이상 방출되지 않는다는 것을 나타내는 것으로 생각한다. 글라스 아이오노머 시멘트는 불소 함유 치약에 의해 불소 재충전이 일어날 수 있는 특성이 간과되어, 이번 연구에서는 실제 구강 내에서의 글라스 아이오노머 시멘트에 의한 재광화 효과와 차이가 있을 수 있으므로, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다^{25,26)}.

V. 결 론

세 가지 종류의 시판되고 있는 글라스 아이오노머 시멘트(Fuji IX GP™, Vitremer™, F2000™)를 실험군으로, 복합 레진(Z250)을 대조군으로 사용하여 3개월간 인접면 우식증에 대한 재광화 효과를 QLF™를 이용하여 시편의 파괴 없이 1개월 간격으로 무기질 소실량(ΔQ) 값을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 군에서 병소의 무기질 소실량(ΔQ)이 증가하였다.
2. ΔQ 의 변화량인 무기질 소실 변화량($\Delta \Delta Q$)은, 1 개월 후에는 글라스 아이오노머 시멘트가 복합레진에 비해 유의하게 컸으며($p < 0.05$), 글라스 아이오노머 중에서는 Fuji IX GP™가 Vitremer™, F2000™에 비해 유의하게 컸다($p < 0.05$). 2 개월 후에는 Fuji IX GP™가 나머지 군에 비해 $\Delta \Delta Q$ 가 유의하게 컸으며($p < 0.05$), 3 개월 후에는 모든 군간에 $\Delta \Delta Q$ 의 유의한 차이가 없었다.
3. 세 가지 글라스 아이오노머 시멘트에서 무기질 소실 변화량($\Delta \Delta Q$), 즉 재광화 정도는 시간이 지날수록 점차 감소하였다.
4. 대조군인 복합 레진 군에서도 무기질 소실 변화량($\Delta \Delta Q$)은 증가하였다

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, Shariati M, Shields CP: 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, 10:247-250, 1997.
4. Eichmiller FC, Marjenhoff WA: Fluoride releasing

- dental restorative materials. *Oper Dent*, 23:218-28, 1998.
5. Harry FA: *Tooth-Colored Restoratives: Principles and Techniques*, Ninth Edition, BC Decker Inc, Hamilton, London, 43-55, 2002.
 6. Pretty IA, Pender N, Edgar WM, Higham SM: The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *Eur J Orthod*, 25:217-23, 2003.
 7. Higham SM, Pretty IA, Edgar WM, Smith PW: The use of in situ models and QLF for the study of coronal caries. *J Dent*, 33:235-41, 2005.
 8. Stookey GK :Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am*, 49:753-70, 2005.
 9. 권혜숙, 현홍근, 김영재 등: 유치 수복물에 따른 주변 법랑질의 탈회 저항성. *대한소아치과학회지*, 37:44-52, 2010.
 10. 송주현, 김영재, 김정욱 등: QLF를 이용한 항우식 제품의 인공 우식 재광화 효과에 대한 연구. *대한소아치과학회지*, 35:287-295, 2008.
 11. Kashket S: Historical review of remineralization research. *J Clin Dent*, 10:56-64, 1999.
 12. Zero DT: Application of clinical models in remineralization research. *J Clin Dent*, 10:74-85, 1999.
 13. Arends J, ten Bosch JJ: Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res*, 71(spec):924-928, 1992.
 14. 이창근, 김종수, 유승훈: Quantitative light-induced fluorescence를 이용한 법랑질 탈회 속도에 관한 비교 연구. *대한소아치과학회지*, 31:506-515, 2004.
 15. Aljehani A, Tranæus S, Forsberg CM, et al.: In vitro quantification of white spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and DIAGNOdent. *Acta Odontol Scand*, 62:313-318, 2004.
 16. Jang KT, Garcia-Godoy F, Donly KJ, Segura A: Remineralizing effects of glass ionomer restorations on adjacent interproximal caries. *ASDC J Dent Child*, 68:125-128, 2001.
 17. Bynum AM, Donly KJ: Enamel de/remineralization on teeth adjacent to fluoride releasing materials without dentifrice exposure. *ASDC J Dent Child*, 66:89-92, 1999.
 18. Hatibovic-Kofman S, Suljak JP, Koch G: Remineralization of natural carious lesions with a glass ionomer cement. *Swed Dent J*, 21:11-17, 1997.
 19. Donly KJ, Segura A, Wefel JS, Hogan MM: Evaluating the effects of fluoride-releasing dental materials on adjacent interproximal caries. *J Am Dent Assoc*, 130:817-825, 1999.
 20. Forss, H, Seppa L: Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials. *Scand J Dent Res*, 98:173-178, 1990.
 21. Takagi S, Liao H, Chow LC: Effect of a low-fluoride-content, two-component rinse on fluoride uptake and on de-and remineralization of enamel lesions: an in vitro study. *Caries Res*, 35:223-228, 2001.
 22. Silverstone LM: Effect of oral fluid and synthetic calcifying fluids in vitro on remineralization of enamel lesion. *Clin Prev Dent*, 4:13-22, 1981.
 23. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM: Initiation and progression of caries-like lesions of enamel: effect of periodic treatment with synthetic saliva and sodium fluoride. *Caries Res*, 19:481-489, 1985.
 24. Dunne SM, Goolnik JS, Millar BJ, Seddon RP: Caries inhibition by a resin-modified and a conventional glass ionomer cement in vitro. *J Dent*, 24:91-94, 1996.
 25. Forsten L: Resin-modified glass ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand*, 53:222-225, 1995.
 26. Diaz-Arnild AM, Holmes DC, Wistrom DW, Swift EJ Jr.: Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mater*, 11:96-101, 1995.

Abstract

REMINERALIZATION EFFECT OF INTERPROXIMAL CARIES ADJACENT TO GLASS IONOMER RESTORATIONS: IN VITRO STUDY USING QLF

Hyeok-Sang Lee, Hong-Keun Hyun, Ki-Taeg Jang

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, 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, resin-modified glass ionomer cement, compomer) and a resin composite (control).

Thirty-two extracted premolars were selected based upon the lack of any visible demineralization. The teeth were coated in a transparent acid resistant nail varnish leaving 3×3 mm square. The teeth were subjected to the demineralizing buffer for 3 days and quantitative light-induced fluorescence (QLF) images of the subjects were taken.

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 with constant circulation. Further QLF images were subsequently taken at 30, 60, and 90 days. The changes of mineral loss (ΔQ) were evaluated by QLF and the change of ΔQ ($\Delta\Delta Q$) were compared between groups in order to evaluate the effects of remineralization. All data were analyzed using ANOVA and the post-HOC Dunnett C multiple comparison test at $p < 0.05$.

While ΔQ (changes of mineral loss) increased for all treatments, the increases for three glass ionomer groups were significantly higher than that for the resin group at first month period. As time went on, the amount of $\Delta\Delta Q$ decreased.

Key words : Glass ionomer cement, Remineralization, Proximal caries, Quantitative light-induced fluorescence (QLF)