

## 유치 수복물에 따른 주변 법랑질의 탈회 저항성: QLF를 이용한 연구

권해숙 · 현홍근 · 김영재 · 김정옥 · 장기택 · 김종철 · 한세현 · 이상훈

서울대학교 대학원 치의학과 소아치과학교실

### 국문초록

본 연구에서는 유치 수복물의 불소 방출 여부에 따른 주변 법랑질의 탈회 저항성과 재광화 효과를 살펴보고자 하였다. 건전 유전치 48개를 16개씩 임의로 세 군으로 나누어, Filtek™ Z250(1군), F2000(2군), Ketac™ N100(3군)을 사용하여 제조사의 지시에 따라 충전하였다. 3일 동안 인공 우식 병소를 유발한 후, 14일 동안 인공 타액에 담가 재광화를 유발하였다. Quantitative light-induced fluorescence(QLF)를 이용하여 실험 단계와 시간에 따른 무기질 소실량( $\Delta Q$ )의 변화를 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. 탈회가 일어난 인공 우식 병소의  $\Delta Q$  값은 3군, 2군, 1군 순으로 작게 나타났고, 이 중 3군은 1군에 비해 유의한 탈회 저항성을 보였다.
2. 1군, 2군, 3군 모두 재광화 1일 후부터 초기 인공 우식 병소의  $\Delta Q$  값과 비교 시 유의한 차를 보였으며, 관찰 기간 동안 지속적인 증가 양상을 나타내었다.
3. 재광화 속도를 의미하는  $\Delta(\Delta Q)/\text{일}$  값은 각 군에서 처음 1일 동안 유의성 있게 크게 나타났으며, 그 이후 급속히 감소하였다.
4. 수복 재료에 따른 재광화 정도는 각 군 간에 유의한 차이가 없었다.

**주요어 :** 유치 수복물, QLF(Quantitative light-induced fluorescence), 불소, 탈회 저항성, 재광화

### I. 서 론

치아 우식증은 지난 40년 동안 불소의 사용과 구강 위생 상태의 개선, 질병 예방에 대한 사람들의 인식 변화, 치과 치료에 대한 접근도 향상 등으로 인해 유병율이 점차 감소하고 있다. 그러나 여전히 흔히 나타나는 구강 질환의 하나이며, 미국의 2~5세 아이들의 경우 지난 15년간 오히려 치아 우식증이 12.5% 증가하였다<sup>1,2)</sup>. 또한 기존 수복물 주위의 이차 우식증도 흔히 경험할 수 있는데, 이로 인한 수복물의 재처리 비율은 전체 수복 치료의 71%에 달한다고 한다<sup>3,4)</sup>.

구강 내에서는 박테리아, 타액 분비율, 타액의 산도, 식이 습관, 시간 등 여러 요인들에 의해 끊임없이 치아 표면의 탈회와 재광화라는 동적인 과정이 반복되고 있다<sup>5)</sup>. 이때 불소는 칼슘 이온과 인 이온의 흡수 과정에서 반응 속도에 영향을 주는 촉매제로 작용하여 법랑질 재광화를 촉진시킨다. 일부의 불소는 탈

회된 hydroxyapatite 결정에 흡수되거나, 재광화 기간 동안 fluorhydroxyapatite로 재침착된다. 결정 구조의 화학적 안정성을 증진시켜 그 결과 법랑질 표면은 산에 대한 저항성이 증가되고 임계 pH에서 hydroxyapatite 용해도가 감소하게 되는 것이다<sup>6,7)</sup>.

이와 같이 우식 와동이 형성되지 않은 초기 치아 우식증은 불소 등의 예방 치료를 통해 침습적인 치료를 피할 수 있으며, 이를 위해서는 우식증을 조기에 감지해 낼 수 있는 능력이 전제되어야 한다. 실험실에서 쓸 수 있는 방법으로 편광현미경, 횡단 미세방사선법, 전자현미경, 입체현미경, 미세경도측정법, 에너지분산분광학(Energy dispersive spectroscopy), 습식화학(wet-chemical) 측정법, 공초점레이저주사현미경 등이 개발되었다<sup>8-12)</sup>. 이러한 방법은 광물질의 소실이나 재광화 정도를 조기에 탐지해 낼 수 있다는 장점이 있지만, 임상에서의 적용이 어렵고 침습적이어서 지속적인 관찰이 어렵다는 한계를 가진다.

교신저자 : 이상훈

서울특별시 중로구 연건동 28 / 서울대학교 대학원 치의학과 소아치과학교실 / 02-2072-3819 / musso@snu.ac.kr

원고접수일: 2009년 08월 13일 / 원고최종수정일: 2009년 11월 06일 / 원고채택일: 2009년 11월 12일

이러한 한계를 극복할 수 있는 장비로는 Quantitative light-induced fluorescence(QLF), laser fluorescence(LF), digital imaging fiber-optic trans-illumination(DiFOTI), electronic caries monitor(ECM), ultrasonic 등이 있다<sup>13-16)</sup>.

이 중 QLF는 치아 경조직에서 무기질 소실로 인해 광학적 변화가 나타난다는 것에 착안해서 개발된 방법으로 가시광선을 사용하여 빛의 산란 효과로 인한 법랑질 고유의 형광성을 정량화한 장비이다. 520 nm의 필터를 통해 치아에서 산란된 청색광을 제거하여 건전 치질과 우식 치질 간의 대조도를 높였다. 건전한 법랑질에서는 녹색이 우세하게 나타나고, 탈회된 법랑질에서는 자가형광성이 감소, 그 양은 특수한 software에 의해 정량화되어 무기질 소실량( $\Delta Q$ )을 측정할 수 있다<sup>13,17-19)</sup>.

Stookey<sup>13)</sup>는 형광성의 감소는 무기질의 함량 변화를 측정하기에 가장 실용적인 방법으로 알려져 있는 횡단 미세방사선과 높은 상관관계( $r=0.97$ )를 보인다고 하였다.

이번 실험에서는 유치 수복재료의 불소 방출 여부에 따라 동일 치아 내에서 연속적으로 나타나는 탈회 저항성과 재광화 효과를 QLF를 사용하여 살펴보고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

우식이나 균열, 파절, 마모, 법랑질 탈회, 변색, 수복물이 없는 건전 유전치 48개를 대상으로 하였다. 치아 주변의 이물질을 제거하고 초음파 세척하여 4℃ 0.1% thymol 용액에 보관하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 시편 제작

치아를 아크릴 블록에 매몰하고, 유전치 순면에 carbide inverted cone bur(FG 37)를 사용하여 지름이 1.8 mm인 원형의 와동을 형성하였다. 16개씩 임의로 세 군으로 나누어 1군은 Filtek™ Z250 (A2 shade, 3M ESPE, USA), 2군은 F2000 (A2 shade, 3M ESPE, USA), 3군은 Ketac™ N100 (A2 shade, 3M ESPE, USA)을 사용하여 제조사의 지시에 따라 충전하였다(Table 1). 충전 1일 후 충전면을 Sof-Lex™ aluminum oxide disk를 coarse, medium, fine, superfine 순으로 각 30초씩 적용하여 연마하였다. 수복물 충전 부위를 둘러싼 가로 3 mm, 세로 3 mm 영역을 제외한 모든 면을 불소가 없는 투명 바니쉬로 2회 도포하였다.

**Table 1.** The restorative products used in this study

Group	Product	Manufacturer	Color	Lot #	Sample No.
1	Filtek™ Z250(composite resin)	3M ESPE, USA	Shade A2	8MAJ	16
2	F2000(compomer)	3M ESPE, USA	Shade A2	8HY	16
3	Ketac™ N100(RMGI)	3M ESPE, USA	Shade A2	AG7AN	16

### 2) QLF 측정

치아 시편을 증류수로 세척하고 5초 동안 압축 공기로 시편을 건조시킨 후, QLF™(Inspector Research System BV, Netherlands)를 이용하여, 무기질 소실량( $\Delta Q$ )을 측정하였고, 측정 시기는 다음과 같았다.  $\Delta Q$  측정은 암실에서 이루어졌다<sup>20)</sup>.

#### (1) 초기 $\Delta Q$ 값

시편을 제작한 후 초기  $\Delta Q$  값을 측정하였고, 탈회에 앞서 치아 시편을 37℃ 인공 타액(탈리바®, 한림제약, 한국)에 1주일 동안 담갔다. 인공 타액의 조성은 다음과 같았다. 100 ml 인공 타액 내 1g Carboxymethyl-cellulose, 84 mg NaCl, 120 mg KCl, 15 mg CaCl<sub>2</sub>, 5 mg MgCl<sub>2</sub>, 34 mg K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>이 포함되어 있고, pH는 7.0이었다.

#### (2) 인공 우식 병소 유발

치아 시편을 37℃ 인공 우식 용액에 3일 동안 담근 후 치아 시편의  $\Delta Q$  값을 측정하였다. 인공 우식 용액의 조성은 75 mM acetic acid, 2 mM CaCl<sub>2</sub>, 2 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, pH 4.3이었다<sup>21)</sup>.

#### (3) 재광화

시편을 37℃ 인공 타액에 담그고, 1일, 3일, 7일, 14일 경과 후 QLF를 이용하여  $\Delta Q$  값의 변화를 측정하였다. 인공 타액은 매일 교환하였다.

### 3. 통계처리

통계 분석에는 SPSS(ver 12.0) 통계 프로그램을 이용하였다. 각 군에서 시간에 따른  $\Delta Q$  값 변화의 전후 차이는 Wilcoxon-Signed Rank test로 비교하였고, 군 간  $\Delta Q$  값의 변화가 유의한지 알아보기 위하여 Kruskal-Wallis test 시행 후, Mann-Whitney U test로 사후 검정을 실시하였다. 사용된 모든 통계분석의 유의수준은  $p<0.05$ 로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 시편의 초기 $\Delta Q$ 값

시편 제작 후 측정된 초기  $\Delta Q$  값(Table 2)은 1군이  $-0.69 \pm 0.85$ , 2군이  $-0.41 \pm 0.50$ , 3군이  $-0.48 \pm 0.58$  로 각 군 간에 유의한 차이가 없었다.

**Table 2.** The mean  $\Delta Q$  of demineralization and remineralization parameters ( $\text{mm}^2 \times \%$ )

	Before treatment	Demineralization	Remineralization 1 Day	Remineralization 3 Day	Remineralization 7 Day	Remineralization 14 Day
Group 1	-0.69 ± 0.85	-111.48 ± 27.52	-106.54 ± 31.09	-103.75 ± 28.21	-103.37 ± 24.87	-102.33 ± 28.16
Group 2	-0.41 ± 0.50	-105.25 ± 28.75	-99.91 ± 30.13	-96.74 ± 31.84	-92.66 ± 28.69	-89.71 ± 27.39
Group 3	-0.48 ± 0.58	-90.64 ± 21.86	-85.60 ± 23.82	-85.94 ± 21.80	-80.52 ± 20.45	-77.73 ± 21.68

**Table 3.** The mean  $\Delta(\Delta Q)$  for 1 day ( $\text{mm}^2 \times \%$ )

	0 ~ 1 Day	1 ~ 3 Days / 2	3 ~ 7 Days / 4	7 ~ 14 Days / 7
Group 1	4.93 ± 6.65 <sup>a</sup>	1.40 ± 3.42 <sup>b</sup>	0.10 ± 3.18 <sup>b</sup>	0.15 ± 1.28 <sup>b</sup>
Group 2	5.34 ± 8.80 <sup>a</sup>	1.59 ± 5.37 <sup>b</sup>	1.02 ± 2.98 <sup>b</sup>	0.42 ± 1.48 <sup>b</sup>
Group 3	5.04 ± 16.43 <sup>a</sup>	-0.17 ± 6.57 <sup>b</sup>	1.36 ± 2.16 <sup>b</sup>	0.40 ± 1.04 <sup>b</sup>

\* a, b : Different superscript letters denote mean values that are significantly different each other (p<0.05).

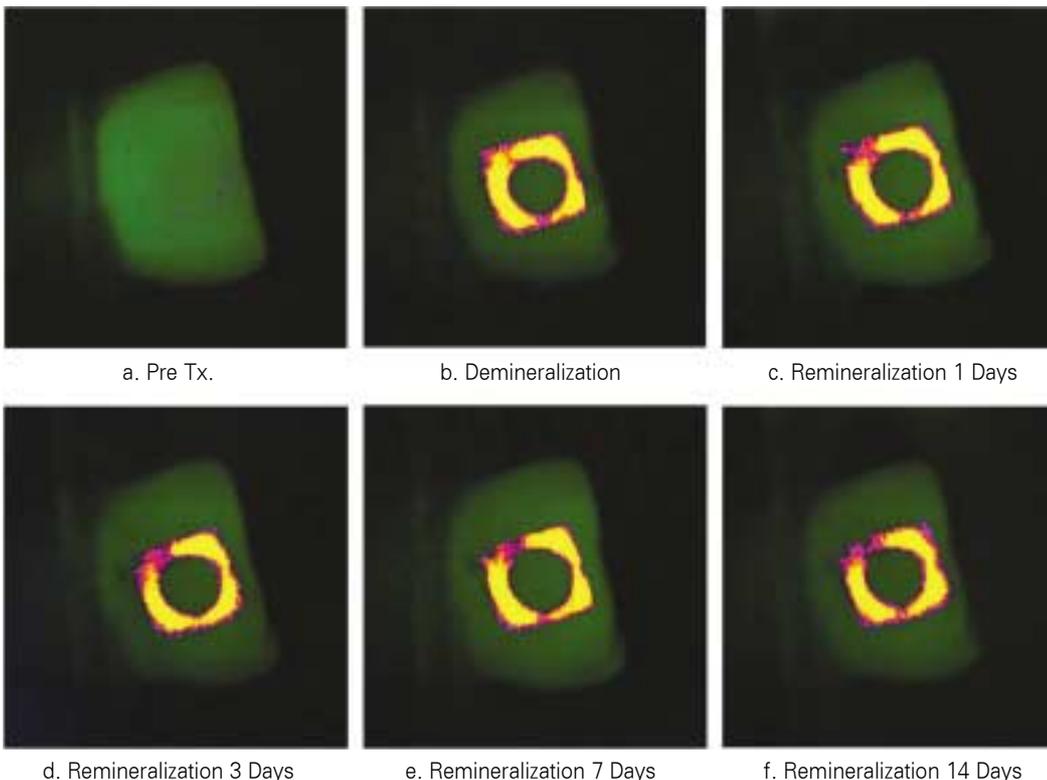
2. 탈회 저항성

인공 우식 유발 3일 후 시편의  $\Delta Q$  값은 1군이 -111.48 ± 27.52, 2군이 -105.25 ± 28.75, 3군이 -90.64 ± 21.86 이 었고(Table 2), 초기  $\Delta Q$  값과 비교시 그 변화량은 1군이 - 110.79 ± 27.77, 2군이 -104.84 ± 28.95, 3군이 -90.16 ± 21.87 순으로 많은 변화를 보였다(Fig. 4). 이 중 3군은 1군에 비해  $\Delta Q$  값의 변화량이 유의하게 작아(p<0.05), 뚜렷한 탈회 저항성이 있음을 시사하였다.

3. 재광화에 따른  $\Delta Q$  값의 변화

재광화 동안 나타난  $\Delta Q$  값의 변화는 Table 2와 Fig. 5에 기록하였다. 1군, 2군, 3군 모두 재광화 1일 후  $\Delta Q$  값이 유의하 게 증가하였으며(각각 p<0.05, p<0.01, p<0.05), 관찰기간 동 안 지속적인 증가 양상을 나타냈다. 3군의 경우 3~7일 사이  $\Delta Q$  값의 유의한 증가를 한 차례 더 나타냈다(p<0.05). 재광화 정도와 관련하여  $\Delta Q$  값의 변화는 각 군 간의 유의한 차는 없었 다.

재광화 속도를 의미하는  $\Delta(\Delta Q)$ /일 값은 각 군에서 처음 1 일 동안 유의성 있게 크게 나타났고(p<0.05), 그 이후 급격히 감소했다(Table 3, Fig. 6).



**Fig. 1.** QLF image of Group 1. The green color means sound enamel. The yellow color means that mineral loss is more than the pink color.

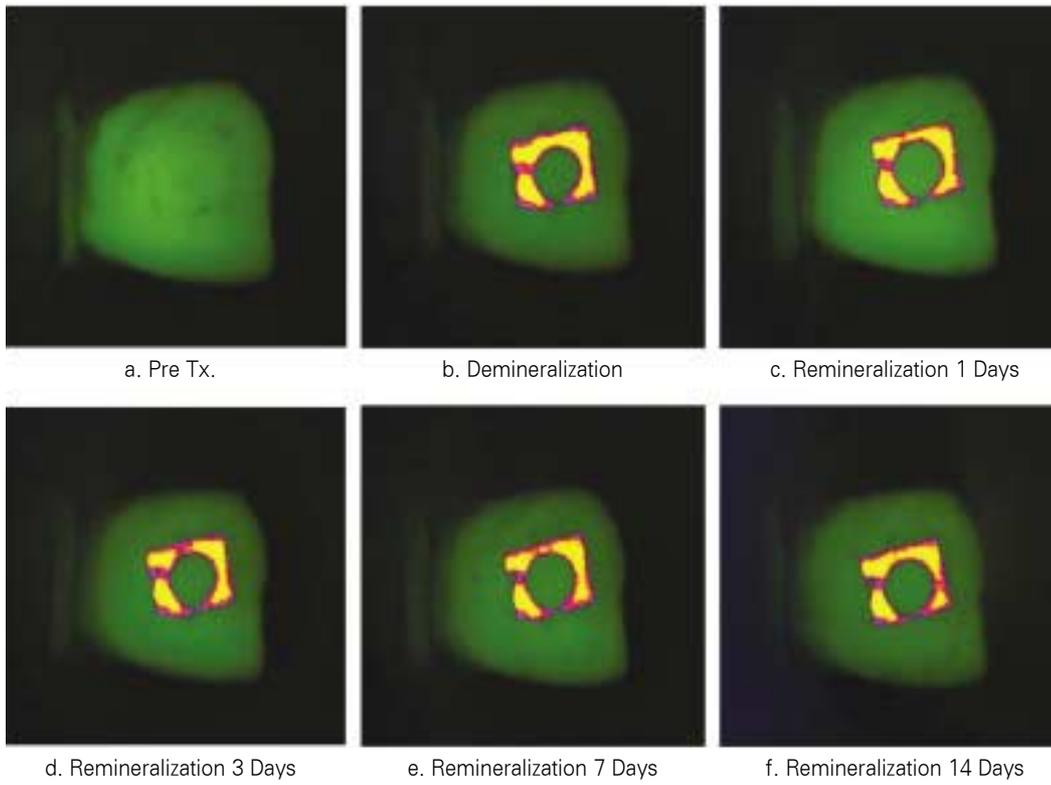


Fig. 2. QLF image of Group 2.

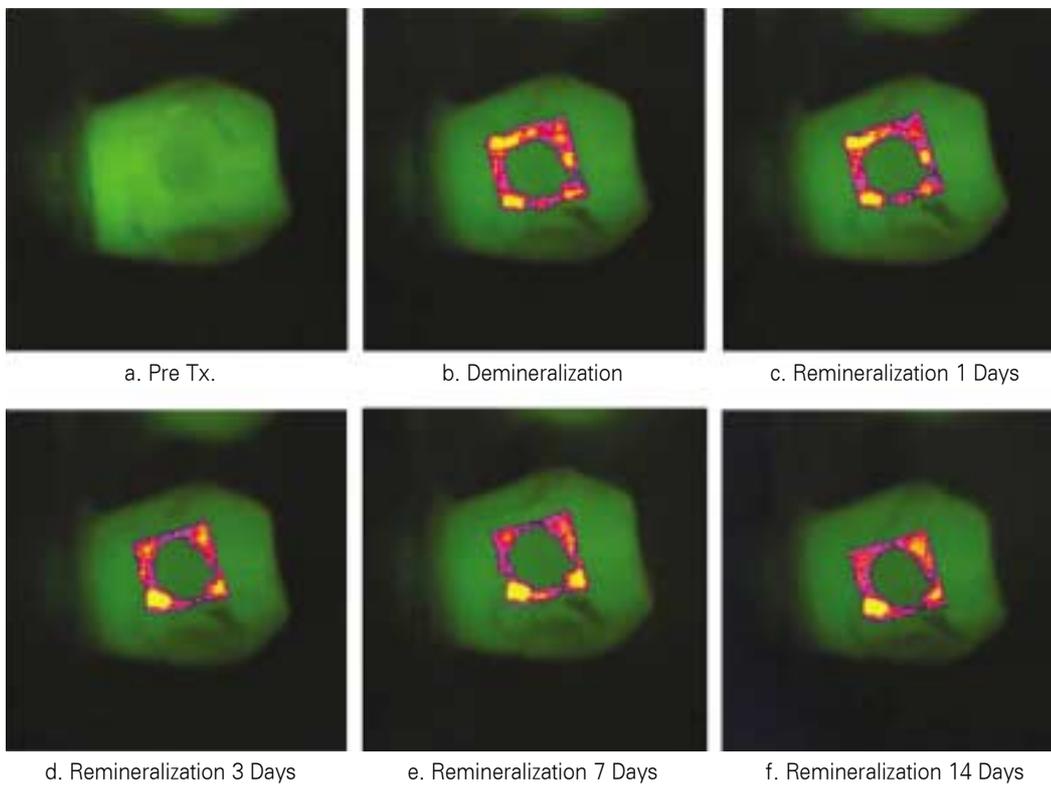
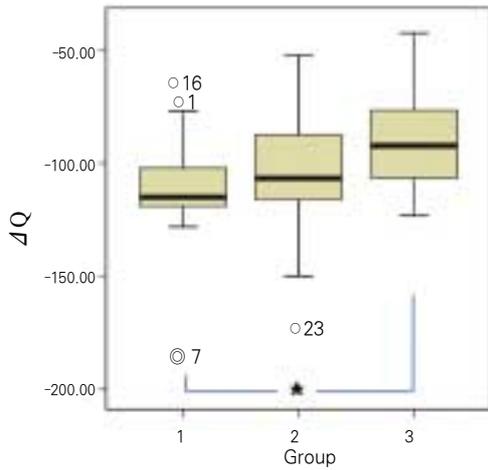
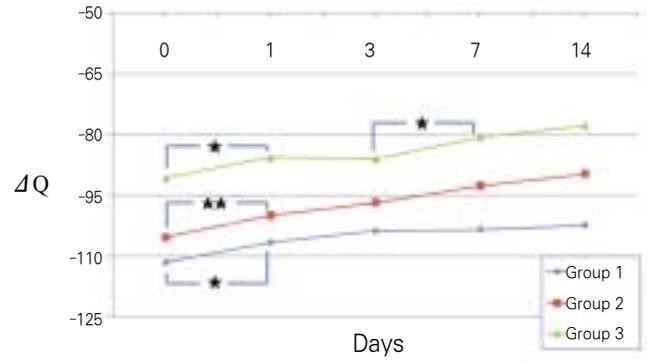


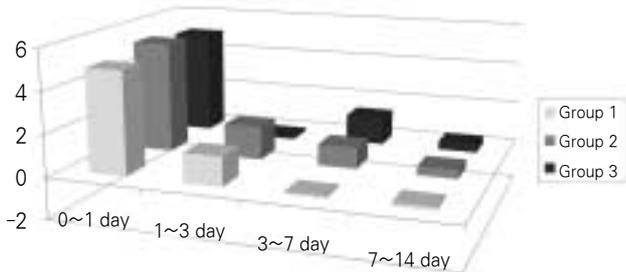
Fig. 3. QLF image of Group 3.



**Fig. 4.**  $\Delta Q$  at demineralization.  
★ : Significantly different ( $p < 0.05$ )



**Fig. 5.** The change of the  $\Delta Q$  according to the duration of remineralization ( $\text{mm}^2 \times \%$ ).  
★ : significantly different ( $p < 0.05$ )  
★★ : significantly different ( $p < 0.01$ )



**Fig. 6.** The mean  $\Delta(Q)$  for 1 day ( $\text{mm}^2 \times \%$ ).

#### IV. 총괄 및 고찰

이번 실험에서는 일정 시간이 지난 수복물의 불소 방출 여부에 따라 탈회 저항성과 재광화 효과를 QLF를 통해 지속적으로 살펴보고자 하였다. 전통적으로 글래스아이오노머와 레진 강화형 글래스아이오노머는 컴포머나 복합레진에 비해 불소 방출량이 많고, 특히 중합 후 1일 동안 많은 양의 불소가 방출된다고 해서 이를 'burst effect' 라고 한다<sup>22,23</sup>. 이와 관련, 3군이 1군과 2군에 비해 우수한 탈회 저항성과 재광화 효과를 보일 것을 기대하였다.

탈회가 일어난 시편의  $\Delta Q$  값을 살펴보면 3군이 1군에 비해 뚜렷한 탈회 저항성을 나타냈지만, 재광화가 일어나는 속도나 재광화가 일어난 정도는 각 군 간에 유의한 차이가 없었는데, 이는 다음 몇 가지 원인을 생각해 볼 수 있다.

우선 일정 시간이 지난 수복물을 대상으로 한 것이므로 관찰 시기가 burst effect와 일치하지 않는다는 것이다. 한 실험 연구에 따르면 오래된 글래스아이오노머 수복물보다 갓 수복한 글

래스아이오노머 수복물에서 두 배 이상의 불소가 방출된다고 하였다<sup>24</sup>. 레진 강화형 글래스아이오노머의 불소 최대 방출은 주로 24시간 내에 나타나며, 최고 72시간까지 나타난다<sup>25</sup>. 불소는 초기에 표면에서 산-염기 반응에 의해 빠르게 수용액 상태로 용해되어 나오고, 그 후 점진적인 확산에 의해 느리지만 지속적으로 용해되어 나온다. 불소의 항우식 효과는 크게 hydroxyapatite 결정에 결합되어 있는 불소와 치아 주위 수용성 상태로 존재하는 불소에 의해 나타나게 되는데, 최근 연구에 따르면 치질에 결합된 불소보다 수용성 상태의 불소가 우식 예방에 보다 효과적이다<sup>26</sup>. 하지만 이는 여전히 논란의 여지가 남아 있다<sup>25</sup>.

두 번째는 재광화를 유도하기 위해 인공타액을 사용했다는 점이다. 인공타액 내 무기질이 풍부하여 재광화에 도움을 주긴 하나, 수복물과의 무기질 농도 차이가 줄어들어 증류수에 비해 불소 방출을 17~25% 정도 감소시킨다<sup>27</sup>. 또한 타액 내 단백질이 피막을 형성하여 불소 방출을 방해할 수 있으나 이번 실험에서 사용한 인공 타액에는 무기 이온만을 포함하고 있으므로, 단백질이나 획득 피막의 확산으로 인한 효과는 배제되었다.

세 번째는 방출되는 불소의 양과 치질의 재광화 정도가 반드시 비례하느냐 하는 것이다. Itota 등<sup>28</sup>은 글래스아이오노머 이장재와 불소를 함유한 복합레진 이장재를 사용하였을 때, 각 군에서 방출되는 불소의 양과 치질의 재광화 정도를 미세방사선을 이용하여 비교하였다. 각 이장재에서 방출되는 불소의 양은 유의한 차이가 있었지만, 미세방사선에서 나타나는 방사선 불투과성의 정도는 유의한 차이가 없음을 보고하면서, 불소 방출량과 재광화 정도가 반드시 일치하지는 않는다고 하였다. 이는 Moura 등<sup>29</sup>의 실험 결과와도 일치하는데, 레진 강화형 글래스아이오노머 이장재와 복합레진 이장재에서 방출되는 불소의 양은 현저한 차이가 있었으나, 치질의 탈회 저항성 비교시 유의한 차이가 없었다. Shinkai 등<sup>30</sup> 역시 비슷한 실험을 하였는데, 레

진 강화형 글래스아이오노머 이장재가 상아질에서는 탈회 저항성을 나타낸 반면, 법랑질에는 유의한 효과가 없었다.

마지막으로 Shinkai 등<sup>30)</sup>의 연구 결과에서 보이는 것처럼 불소에 의한 재광화 효과가 법랑질보다는 상아질이나 백악질에서 더 유의하게 나타난다는 것이다. 그 이유에 대해 살펴보면 법랑질은 미세구조의 차이로 상아질에 비해 불소를 흡수할 공간이 작고, 상아질이 법랑질에 비해 산의 공격에 취약해서 탈회가 빨리 진행되므로, 이에 따라 불소의 흡수 과정 또한 빠르게 일어나기 때문으로 보았다. 이는 Gonzalez 등<sup>31)</sup>, Han 등<sup>32)</sup>, Yamamoto 등<sup>33)</sup>, Retief 등<sup>34)</sup>의 연구에서도 입증되었다. 이번 실험에서는 초기 법랑질 우식증을 대상으로 한 것이므로 불소의 효과가 뚜렷하게 나타나지 않은 것일 수 있다.

재광화 과정에서 처음 1일 동안 재료의 불소 방출 여부에 상관없이 각 군 모두 현저한 재광화가 나타났다. 이는 인공 타액 내 무기성분으로 어느 정도의 재광화가 가능함을 보여주는데, 실제로 타액은 치아 무기질에 대해 과포화 되어 있어, 탈회 과정에 소실된 무기질을 보충할 칼슘과 인산을 제공하여 재광화에 중요한 역할을 담당한다<sup>21)</sup>. Silverstone<sup>35)</sup>과 Hicks 등<sup>36)</sup>은 타액이 탈회된 법랑질을 재광화시킬 수 있다고 하였다. 관찰 기간 동안 재광화 속도에 있어 군 간의 유의한 차는 없었으나, 복합 레진의 경우 속도가 많이 감소하는 경향을 보이는데 이에 대해 Silverstone<sup>35)</sup>은 타액에 의한 재광화 효과가 표면에 국한되기 때문이라 하였다.

킴포머는 관찰 기간 동안 일정한 정도의 재광화율을 보였으며, 때로는 레진 강화형 글래스아이오노머보다 더 많은 재광화율을 보였다. 이는 두 재료의 불소 방출 기전과 연관지을 수 있는데 레진 강화형 글래스아이오노머는 burst effect 이후 시간에 대해 지수 함수 패턴을 보이는 반면, 킴포머는 시간에 비례하기 때문으로 보인다<sup>37)</sup>. 또한 Attin 등<sup>38)</sup>은 킴포머가 글래스아이오노머보다 더 많은 불소를 방출한다고 보고하기도 하였다.

레진 강화형 글래스아이오노머의 재광화 정도를 살펴보면 그 변화 양상이 일정하지 않고, 처음 1일 동안 많은 양의 재광화가 일어난 후 1~3일 동안 거의 변화가 없다가 3~7일 사이에 또 다시 유의한 정도의 재광화가 나타났다. Verbeeck 등<sup>37)</sup>은 이와 같은 현상에 대해 불소의 방출은 간헐적으로 나타나며, 6개월 정도 장기간 관찰하였을 때 불소 방출의 주기성을 관찰할 수 있다고 하였다. Yap 등<sup>39)</sup>도 7일째 보다 14일째 불소의 방출이 더 많이 나타났다고 하였으며, 본 실험에서 수복 후 노화, 탈회 과정을 거친 것을 고려하면 거의 시기적으로 일치한다.

이번 실험에서는 ΔQ 값을 측정하기 전에 시편을 5초 동안 압축 공기로 건조시켰는데, Heinrich-Weltzien 등<sup>40)</sup>은 초기 우식증을 보다 잘 감지하기 위해 적어도 5초 이상 압축 공기로 시편을 건조시키는 것이 좋다고 하였다. 탈회된 치질은 무기질이 빠져나간 자리에 수분을 포함하고 있어서 빛의 산란에 영향을 주게 된다. Ando 등<sup>41)</sup>의 연구 결과, 압축 공기로 건조를 시켰을 때 수분이 빠져나가는 속도 역시 치질의 상태에 따라 다양한데, 건전 치질은 습윤 상태와 상관없이 일정한 자가형광성을 갖는 반면, 탈회된 치질은 수분 소실이 빨라 건조 3초 후 자가형광성

이 뚜렷하게 감소하였고, 재광화된 치질에서는 재광화가 일어난 표면층이 수분 소실에 대한 장벽으로 작용하여 건전 치질보다 오히려 자가형광성이 증가하였다. 최근에는 이를 응용하여 건조 전 ΔQ 값과 건조 3초 후 ΔQ 값을 비교하여 탈회가 활발히 일어나고 있는지 여부를 알아내는데 사용하기도 하였다<sup>13,42)</sup>.

재광화 시에 인공 타액을 매일 교환하였다. Dunne 등<sup>43)</sup>은 불소 농도는 1시간 이내에 평형을 이루어 24시간이 지난 후에는 거의 변화가 일어나지 않는다고 하였고, McCabe<sup>44)</sup>는 적어도 24시간 간격으로 저장 용액을 교환해야 한다고 하였다.

이번 실험에서 사용된 유치는 치근 흡수 정도가 각기 다르며, 기존의 불소 경험 여부를 알 수 없다는 한계를 갖는다. Atkinson과 Matthews<sup>45)</sup>는 치근 흡수가 일어나고 있는 유치의 법랑질은 투과성이 감소한다고 하였고, Takagi 등<sup>46)</sup>에 따르면 법랑질 표면에 함유된 기존 불소의 양에 의해 탈회 속도에 차이가 나타날 수 있기에 송 등<sup>47)</sup>은 재광화 실험에 앞서 치아 시편을 미리 탈회시켜 ΔQ 값이 유사한 시편을 취한 바 있다. 하지만 이번 실험에서는 QLF가 우식의 진행과 재광화를 지속적으로 감시할 수 있다는 장점을 이용하여 동일한 시편 내에서 나타나는 탈회 저항성과 재광화 정도를 알아보기 위한 것이었기에 실험군을 분류하기 전에 미리 탈회를 시키는 것이 불가능했다. 이를 극복하기 위해서 보다 많은 시편을 대상으로 한다면, 오차를 다소 줄일 수 있을 것으로 보인다.

이제까지 불소를 방출하는 수복물을 대상으로 한 연구는 많이 있었으나 동일한 실험군을 대상으로 탈회와 재광화를 진행한 실험은 드물었고, 대부분 방출되는 불소의 양을 정량화하는데 그쳤다. 본 실험에서는 한 단계 더 나아가 이로 인한 치질의 무기질 소실에 대한 영향을 관찰했다는 데에 그 의의가 있었다. 각 수복물에서 방출되는 불소의 양과 치질의 재광화 정도를 보다 정확하게 비교하기 위해서 보다 많은 시편을 대상으로 장기 간에 걸쳐, QLF와 불소 농도 측정을 병행하는 것이 필요하리라 생각된다.

## V. 결 론

이번 실험에서는 일정 시간이 지난 수복물의 불소 방출 여부에 따라 탈회 저항성과 재광화 효과를 QLF를 통해 지속적으로 살펴보고자 하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 탈회가 일어난 인공 우식 병소의 ΔQ 값은 Ketac™ N100 (-90.16 ± 21.87), F2000 (-104.84 ± 28.95), Filtek™ Z250 (-110.79 ± 27.77) 순으로 작게 나타났고, 이 중 Ketac™ N100 군은 Filtek™ Z250 군에 비해 유의한 탈회 저항성을 보였다(p<0.05).
2. Filtek™ Z250 군과 F2000 군, Ketac™ N100 군 모두 재광화 1일 후부터 초기 인공 우식 병소의 ΔQ 값과 비교 시 유의한 차를 보였으며(각각 p<0.05, p<0.01, p<0.05), 관찰 기간 동안 지속적인 증가 양상을 나타내었다.
3. 재광화 속도를 의미하는 Δ(ΔQ)/일 값은 각 군에서 처음 1일 동안 유의성 있게 크게 나타났으며(p<0.05), 그 이후

급속히 감소하였다.

4. 수복 재료에 따른 재광화 정도는 각 군 간에 유의한 차이가 없었다.

### 참고문헌

1. National Institute of Dental and Craniofacial Research. Oral health in America: a report of the Surgeon General-executive summary. Rockville (MD): National Institutes of Health, Department of Health and Human Services; 2000.
2. Kagihara LE, Niederhauser VP, Stark M : Assessment, management, and prevention of early childhood caries. *J Am Acad Nurse Pract*, 21:1-10, 2009.
3. Mjör IA : Placement and replacement of restoration. *Oper Dent*, 6:49-54, 1981.
4. Maryniuk GA, Kaplan SH : Longevity of restorations: survey results of dentists' estimates and attitudes. *J Am Dent Assoc*, 112:39-45, 1986.
5. Featherstone JD : Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27:31-40, 1999.
6. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C : Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). *J Clin Pediatr Dent*, 28:119-124, 2004.
7. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C : Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent*, 28:203-214, 2004.
8. Arends J, ten Bosch JJ : Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res*, 71 Spec No:924-928, 1992.
9. Reynolds EC : Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res*, 76:1587-1595, 1997.
10. Benson PE, Pender N, Higham SM : An in situ caries model to study demineralization during fixed orthodontics. *Clin Orthod Res*, 2:143-153, 1999.
11. Ogaard B, Rølla G : The in vivo orthodontic banding model for vital teeth and the in situ orthodontic banding model for hard-tissue slabs. *J Dent Res*, 71 Spec No:832-835, 1992.
12. Fontana M, Li Y, Dunipace AJ, et al. : Measurement of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlation study. *Caries Res*, 30:317-325, 1996.
13. Stookey GK : Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am*, 49:753-770, 2005.
14. 황규선, 김종수, 유승훈 : Digital imaging fiber-optic trans-illumination과 laser fluorescence를 이용한 평활면 초기우식증의 재광화에 관한 비교 연구. *대한소아치과학회지*, 34:183-191, 2007.
15. Caliskan Yanikoğlu F, Oztürk F, Hayran O, et al. : Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res*, 34:225-232, 2000.
16. 김효석, 김왕근, 이창섭, 이상호 : 초기우식병소에 대한 레이저 fluorescence의 광학적 탐지감도. *대한소아치과학회지*, 26:109-118, 1999.
17. Stookey GK : Optical methods-quantitative light fluorescence. *J Dent Res*, 83 Spec No C:C84-88, 2004.
18. 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*, 25:217-223, 2003.
19. Higham SM, Pretty IA, Edgar WM, Smith PW : The use of in situ models and QLF for the study of coronal caries. *J Dent*, 33:235-241, 2005.
20. Pretty IA, Edgar WM, Higham SM : The effect of ambient light on QLF analysis. *J Oral Rehabil*, 29:369-373, 2002.
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. Forsten L : Fluoride release and uptake by glass ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19:503-508, 1998.
23. Suljak JP, Hatibovic-Kofman S : A fluoride release-adsorption-release system applied to fluoride-releasing restorative materials. *Quintessence Int*, 27:635-638, 1996.
24. Forsten L : Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res*, 99:241-245, 1991.
25. Wiegand A, Buchalla W, Attin T : Review on fluoride-releasing restorative materials-Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater*, 23:343-362, 2007.

26. ten Cate JM, Featherstone JD : Physicochemical aspects of fluoride-enamel interaction. In: Fejerskov O, Ekstrand J, Bust BA, editors. Fluoride in dentistry. Copenhagen: Munksgaard; 252-272, 1996.
27. Bell A, Creanor SL, Foye RH, et al. : The effect of saliva on fluoride release by a glass-ionomer filling material. *J Oral Rehabil*, 26:407-412, 1999.
28. Itota T, Nakabo S, Torii Y, et al. : Effect of fluoride-releasing liner on demineralized dentin. *Quintessence Int*, 37:297-303, 2006.
29. Moura JS, Lima EM, Paes Leme AF, et al. : Effect of luting cement on dental biofilm composition and secondary caries around metallic restorations in situ. *Oper Dent*, 29:509-514, 2004.
30. Shinkai RS, Cury AA, Cury JA : In vitro evaluation of secondary caries development in enamel and root dentin around luted metallic restoration. *Oper Dent*, 26:52-59, 2001.
31. Gonzalez Ede H, Yap AU, Hsu SC : Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. *Oper Dent*, 29:578-585, 2004.
32. Han L, Edward C, Okamoto A, et al. : A comparative study of fluoride-releasing adhesive resin materials. *Dent Mater J*, 21:9-19, 2002.
33. Yamamoto H, Iwami Y, Unezaki T, et al. : Fluoride uptake around cavity walls: two-dimensional mapping by electron probe microanalysis. *Oper Dent*, 25:104-112, 2000.
34. Retief DH, Bradley EL, Denton JC, Switzer P : Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. *Caries Res*, 18:250-257, 1984.
35. Silverstone LM : Effect of oral fluid and synthetic calcifying fluids in vitro on remineralization of enamel lesion. *Clin Prev Dent*, 4:13-22, 1982.
36. 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.
37. Verbeeck RM, De Maeyer EA, Marks LA, et al. : Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. *Biomaterials*, 19:509-519, 1998.
38. Attin T, Kielbassa AM, Plogmann S, Hellwig E. : Fluoride and cations release from compomers in the acidic and neutral environment. *Dtsch Zahnärztl Z*, 51:675-678, 1996.
39. Yap AU, Tham SY, Zhu LY, Lee HK : Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent*, 27:259-265, 2002.
40. Heinrich-Weltzien R, K?hnisch J, Iffland S, et al. : Detection of initial caries lesions on smooth surfaces by quantitative light-induced fluorescence and visual examination: an in vivo comparison. *Eur J Oral Sci*, 113:494-498, 2005.
41. Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK : Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res*, 35:464-470, 2001.
42. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B : A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 113:595-602, 1998.
43. Dunne SM, Goolnik JS, Millar BJ, Seddon RP : Caries inhibition by a resin-modified and conventional glass ionomer cement, in vitro. *J Dent*, 24:91-94, 1996.
44. McCabe JF : Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials*, 19:521-527, 1998.
45. Atkinson HF, Matthews E : An investigation into the permeability of human deciduous enamel. *Br Dent J*, 86:142-145, 1949.
46. Takagi S, Liao H, Chow LC : Effect of tooth-bound fluoride on enamel demineralization/ remineralization in vitro. *Caries Res*, 34:281-288, 2000.
47. 송주현, 김영재, 김정옥 등 : QLF를 이용한 항우식 제품의 인공우식 재광화 효과에 대한 연구. *대한소아치과학회지*, 35: 287-295, 2008.

Abstract

RESISTANCE TO DEMINERALIZATION OF ENAMEL OF PRIMARY TEETH  
ACCORDING TO RESTORATIONS: *IN VITRO* STUDY USING QLF

Hae-Sook Kwon, Hong-Keun Hyun, Young-Jae Kim, Jung-Wook Kim,  
Ki-Taeg Jang, Chong-Chul Kim, Se-Hyun Hahn, Sang-Hoon Lee

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University*

The objective of this *in vitro* study was to detect and monitor demineralization and remineralization of primary teeth according to restorative materials using quantitative light-induced fluorescence (QLF). A single bur hole was drilled on the each sound forty eight primary anterior teeth, and the specimens were divided into three groups. The cavity was restored with Filtek™ Z250(Group 1), F2000(Group 2), Ketac™ N100(Group 3) following the manufacturer's instructions. The teeth were subjected to the demineralizing buffer for 3 days, and then subjected to a remineralizing buffer for 14 days. The change of mineral loss( $\Delta Q$ ) according to the stages was evaluated by QLF and the following results were obtained:

1. When demineralization was done,  $\Delta Q$  was increased as follows.  
: Group 1 ( $-110.79 \pm 27.77$ ) < Group 2 ( $-104.84 \pm 28.95$ ) < Group 3 ( $-90.16 \pm 21.87$ )  
: Resistance to demineralization was statistically significant in Group 3.
2. There was a statistically significant increase in  $\Delta Q$  of all groups since 1st day of remineralization
3. The rate of remineralization,  $\Delta(\Delta Q)/\text{day}$ , showed significant high value in each group on the 1st day then decreased rapidly.
4. There was no statistically significant difference in the degree of remineralization among restorative materials.

**Key words** : Primary teeth restoration, QLF(Quantitative light-induced fluorescence), Fluoride, Resistance to demineralization, Remineralization