

QLF와 SEM을 이용한 교정환자에서 불소바니쉬의 법랑질 탈회 예방 효과 평가

이한철, 김은정, 이재영, 백대일, 진보형

서울대학교 치의학대학원 예방치학교실

〈Abstract〉

Preventive effect evaluation of fluoride varnish demineralization in orthodontic patients using quantitative light-induced fluorescence(QLF) and scanning electron microscope(SEM)

Han-Chul Lee, Eun-Jeong Kim, Jae-Young Lee, Dai-Il Paik, Bo-Hyoung Jin

Dept. of Preventive and Social Dentistry, School of Dentistry, Seoul National University, Seoul, 110-749, Korea.

Orthodontic appliances are induced deposition of dental plaque and make poor oral hygiene. During orthodontic therapy, appliances make opportunity of demineralization. For this reason, various fluoride-products are used to prevent such a demineralization. Among the fluoride-products, fluoride varnish are less dependent on patient cooperation and release for a long time in the form of thin films. Quantitative light-induced Fluorescence (QLF) is good to observe the enamel demineralization in vivo. Therefore, the purpose of this study was to investigate preventive effect of fluoride varnish in orthodontic patients using QLF methods and scanning electron microscope(SEM). This study was conducted to test 28 teeth scheduled for premolar extraction(IRB No. S-D20130018). An experimental group of premolars(#14 or #15, #34 or #35) was equipped with an orthodontic band after fluoride varnish applying, while a control group of premolars(#24 or #25, #44 or #45)was just equipped with an orthodontic band. Left side premolars(#24 or #25, #34 or #35) removed after 4 weeks. After remaining premolars(#14 or #15, #44 or #45) had applicated fluoride varnish at 4 weeks and evaluated effect remineralization. Comparing the demineralization amount is measured using QLF and SEM image analyzed the degree of preventive effect. There were significantly different of mineral reduction between before and after the application in the control group. However, the experimental group did not have any significant difference of mineral reduction between before and after the application. The difference between the experimental group and the control group was difference in the mandible than the maxilla. The experimental group applied fluoride varnish had less mineral decrease in demineralizing environment, this could be considered caries-resistant was larger than the control group not applied of fluoride varnish. However, there were no significant difference reapplication effect at 8 weeks. For orthodontic patients, fluoride varnish can prevent demineralization of the orthodontic devices by applying in advance.

Key words : Fluoride varnish, Orthodontic patients, QLF, SEM

I. INTRODUCTION

교정장치는 치면세균막의 침착을 유도하며, 구강위생을 나쁘게 만든다. 치료 기간 동안 그리고 치료예약기간의 간격은 탈회 진행의 기회를 제공하며 환자 자신에 의한 관리가 잘 이루어지지 않는 경우 브라켓 주변의 치태축적과 치석 형성이 일어나기 쉽고, 이로 인해 치은증식, 치은염, 그리고 치아우식증 등이 발생할 수 있다. 또한 치면세균막의 축적으로 인해

* Correspondence: 진보형
서울시 종로구 연건동 28 서울대학교 치과대학 예방치학교실
Tel: +82-2-740-8783, Fax: +82-2-766-8781
E-mail: jjbh@snu.ac.kr

Received: Mar 26, 2015; Revised: Apr 26, 2015; Accepted: Apr 26, 2015

* 이 논문은 2013년도 (주)베리콤의 재원으로 서울대학교 산학협력단의 지원을 받아 수행된 연구사업임(NO. 860-20130031).

교정치료를 받는 환자의 백색반점의 발생은 50%까지 보고되고 있으며, 이것은 밴드 혹은 교정장치 후 이미 4주에 발현될 수 있다(Heintz와 Georg, 1999; Evrenol 등, 1999).

백색 병소의 초기 법랑질 우식 병소는 우식 와동이 형성되기 전의 법랑질 탈회현상이며 이러한 현상은 이후 진행 우식 병소로 이환될 수 있다. 이러한 초기 우식과정에서 법랑질 표층에 탈회와 재광화가 반복적으로 이루어지는 현상을 보 이는데(Silverstone, 1967), O'Reilly와 Featherstone(1987)의 연구에 따르면 교정장치주변 탈회부위에 불소함유 mouth rinse를 사용하여 건전법랑질과 초기 우식병소에 탈회예방 효과를 보여주었다. 또한 Geiger 등(1992)은 오랜 기간 교정환자에게 fluoride mouth rinse를 사용하게 한 뒤 같은 결과를 얻었다.

불소에 대한 국소도포 방법은 교정환자의 브라켓 장치 주변의 탈회를 막는 용도로 널리 사용 되고 있으며(Pithon 등, 2014), 여러 가지 불소국소도포 방식 중 바니쉬의 효과를 비교해본 연구들로 Ogaard 등(1996)은 불소바니쉬 도포 유무에 따라 법랑질 병소의 형성을 평가한 뒤, 바니쉬 사용으로 병소 깊이의 48% 감소를 발견하였다. Shobha 등(1987)과 Tewari 등 (1990)은 불소겔보다 불소바니쉬가 더 우수한 우식예방효과를 보았다고 하였으며, Seppa 등(1995)은 불소겔과 불소바니쉬의 예방효과의 차이의 유의성을 없다고 하였다. Bravo 등(1997)은 불소바니쉬와 치면연구 전색제를 비교한 연구에서 치면연구전색제가 우식 예방에 효과적이라고 하였다. 다양한 불소제품(전신적인 형태, 겔, 바니쉬, 치약, mouth-rinse) 중에, 바니쉬가 가장 사용하기 쉬우며 환자 협조도에 덜 의존적이다. 또한 바니쉬는 치아표면에 부착하여 얇은 막의 형태로 오랜시간 불소를 방출한다(Gorton와 Featherstone, 2003; Todd 등, 1999). Beltran-Aguilar 등(2000)은 불소바니쉬는 의료용 기구뿐 아니라 일상적인 우식 예방 제재로써도 승인이 되었으며, 안전하고 효과적이라고 설명하였다. 그러므로 치아우식증에 이환되기 쉬운 고위험군 환자에서의 불소배합 바니쉬는 효과적이라 할 수 있겠다.

환자 치아의 법랑질 탈회정도를 임상적으로 평가하기 용이한 Quantitative Light-Induced Fluorescence(QLF)는 비침습적인 방법으로 법랑질 탈회량을 측정할 수 있는

방법이다(Jun 등, 2010; Nakata 등, 2009). 또한 Diagnodent[®]보다 우식관측이 정확하며, confocal laser microscopy와 비교해도 손색이 없다고 하였다(Verdonschot와 Angmar-Mansson, 2003). QLF는 치아표면에 녹색색광을 비추어 형광을 발산하는데 탈회부위에서의 형광산란량이 증가되어 법랑질보다 어두워지는 특성을 이용하여 무기질 소실량을 수치화 하여 나타낸다(Angmar-Månsson과 ten Bosch, 2001). 건전한 법랑질 조직에서 녹색이 우세하게 나타나고, 탈회된 법랑질에서는 자가형광성이 감소, 그 양은 고안된 프로그램을 통해 정량화되고 무기질소실량(ΔQ)을 측정할 수 있다(Stookey, 2005). 본 연구에서는 이러한 형광량 변화량과 무기질 소실에 관한 진단용으로 사용되는 QLF를 이용하여, 4, 8주간 교정환자에게 불소바니쉬를 적용한 후 법랑질의 탈회예방효과와 재광화 정도를 평가하였고, 발거된 치아를 scanning electron microscope을 이용하여, 표면 양상을 관측하였다.

II. MATERIALS AND METHODS

이 연구는 소구치 교정발치 예정인 환자 7명을 대상으로 실험을 진행하였다. 대상자의 발치예정 소구치 4개씩 총 28개를 대상으로 실험소구치군 14개에 제조사에서 권장하는 방법인 방습 후 4분간 브러쉬를 이용하여 불소바니쉬(V-varnish[®], 베리콤, 한국)를 도포한 뒤 밴드를 장착하였고, 대조소구치군 14개는 밴드만 장착한 후, 4주 뒤에 밴드를 제거한 후 형광량을 측정하였다. 이후 상악 좌측 소구치와 하악 좌측 소구치는 발거하여, 교정치료를 진행하였고, 상악 우측 소구치와 하악 우측소구치에 불소바니쉬를 도포하여 불소바니쉬의 반복 도포 시 효과와 탈회된 치아에 도포 시 효과를 평가하였다.

실험소구치군과 대조소구치군의 형광량 비교는 실험 전 형광량과 4주와 8주 후 형광량을 Quantitative Light-Induced Fluorescence(QLF, QLF Pro[®], Inspektor Research System BV, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여 각각 측정하고 후 탈회정도와 바니쉬의 예방효과정도를 관찰, 비교하였고, scanning electron microscope(SEM, S-4700, HITACHI,

Table 1. QLF measurement site by group

	QLF measurement site	QLF taking after 4 weeks	QLF taking after 8 weeks
Control group	Upper left premolar	Banding after no treatment	Premolar extraction at 4 weeks
	Lower right premolar	Banding after no treatment	Banding after application fluoride varnish at 4 weeks
Experimental group	Upper right premolar	Banding after fluoride varnish taking	Banding after reapplication fluoride varnish at 4 weeks
	Lower left premolar	Banding after fluoride varnish taking	Premolar extraction at 4 weeks

Tokyo, Japan)을 이용하여 발거된 치아의 표면을 관측하였다.

1.1. 연구대상 선정기준

교정 진행 예정인 환자 중 소구치 발치가 예정된 자 중 다음에 해당하는 사람을 연구 대상으로 하였다.

- 만 13세 이상 55세 이하로 전신질환이 없는 자
- 소구치 협면에 우식병소나 white spot이 없는 자
- 교정장치에 알러지가 없는 자

1.2. 연구대상 제외기준

- Lőe and Silness Gingival index 치은검사기준에 따라 심한 치주질환이 있는 환자(GI index \geq 3)
- Saliva-check mutans(GC, Tokyo, Japan)를 이용해 positive한 경우에 속하는 우식활성도가 높은 환자
- 연구에 동의하지 않는 환자

본 연구는 시행 전 서울대학교 치의학대학원의 임상실험연구 윤리위원회(Institutional Review Board)에 의해 승인을 받았다(IRB S - D20130018).

2.1. visit 1(screening, -2주~0일)

임상시험의 선정/제외기준에 적합하다고 판단되는 모든

환자는 시술하기 전에 다음의 순서에 따라 스크리닝 하였다.

- 이 시험에 참여하는 지원자는 피험자 동의를 얻기 위한 설명을 거쳐 자유의사에 의해 피험자 동의서에 서면 동의를 한 후 시험에 참여하였다.
- 불소바니쉬 적용의 대상 환자로서의 적합성을 파악하기 위해 피험자 이니셜, 성별, 생년월일과 같은 인구학적 정보와 본 제품에 대한 기왕력 유무, 임신여부, 전신 질환 등 신체상태 검사와 병력, 치과력을 조사하였다.
- 스크리닝을 통하여 선정/제외기준 적합 여부를 평가하여 시험 참여가 적합한 경우에 피험자에게 정해진 식별코드를 부여하였다.

2.2. visit 2(적용일, 기준일)

스크리닝 방문 시 실시된 선정/제외기준에 적합한 피험자에 한하여 Quantitative light-induced fluorescence (baseline)를 이용하여 실험소구치와 대상소구치의 형광량을 측정하였다.

2.3. visit 3(28일±5일)

밴드를 제거한 뒤에 상악우측 소구치, 상악 좌측 소구치, 하악 좌측 소구치, 하악 우측 소구치의 형광량을 측정한 후 교정치료의 진행을 위하여 하악좌측 소구치와 상악좌측 소구치를 발거하였고 하악우측 소구치와 상악 우측 소구치

Table 2. Evaluation period in accordance with check list

Check list	Evaluation period	Screening	Treatment and evaluation period		
		visit 1 (-2wks~0day)	visit 2 (0day)	visit3 (4wks)	visit4 (8wks)
Informed consent		o			
Medical dental history taking		o			
Inclusion/Exclusive criteria judgement		o			
QLF taking			o	o	o
SEM taking				o	o

에 불소바니쉬를 도포하였다. 또한 4주차에 발거된 소구치의 표면을 SEM을 이용하여 관측하였다.

2.4. vist 4(56일±5일)

visit 3 과정에서 하악우측 소구치와 상악 우측 소구치의 형광량을 측정하였다. 또한 8주차에 발거된 소구치의 표면을 SEM을 이용하여 관측하였다.

3. 통계분석

실험 전 후의 형광량 변화량은 T-검정을 이용하여 분석하였으며, 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 5%로 설정하였다. 분석은 SPSS(SPSS 19.0 for window, SPSS Inc., Chicago, IL., USA) 프로그램을 이용하였다.

III. RESULTS

각 교정환자들에게 불소바니쉬를 4주간 적용한 결과 형광량(ΔF)은 Table 3과 같다.

대조군에서는 불소바니쉬 도포 전과 불소바니쉬 도포 4주 후의 유의한 차이가 발생되었고, 실험군에서는 도포 전후의 유의한 차이가 발생하지 않았다. 대조군과 실험군의 형광량 변화량(ΔΔF)을 통계적으로 분석해보니 4주차에서 두 군간의 통계적으로 유의한 차이가 발생하였다(P<0.05).

실험군과 대조군을 상악과 하악으로 층화하여 분석한 결과 Table 4와 Table 5와 같았다.

상악에서는 대조군과 실험군 사이의 형광량 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(P>0.05).

하악에서 대조군과 실험군사이의 형광량 변화는 대조군에서 형광량이 감소하였고 실험군에서 형광량이 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

1. 불소바니쉬 재도포 시 형광량 변화량

상악에서의 불소바니쉬 재도포시 4주에서보다 8주에서 형광량이 미묘하게 감소하여 탈회가 진행되는 경향으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다(P>0.05)

하악에서 4주간 탈회 환경 후 불소바니쉬 도포시 4주에서보다 8주에서 형광량이 증가하여 재광화되는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(P>0.05).

4주차에 발거된 치아의 SEM 이미지 촬영 결과 불소바니쉬를 도포한 실험군에서 평활한 형태의 상이 나타난 반면, 불소바니쉬를 적용하지 않은 대조군의 치면에서 범랑질 탈회가 관찰되었다.

8주차에 발거된 치아의 SEM 이미지 촬영 결과 초기와 4주차에 반복적으로 불소를 도포한 실험군에서 평활한 형태의 상이 나타났으며, 초기부터 4주차 까지 자연 탈회된 후 4주차에서만 불소바니쉬를 도포한 대조군의 범랑질 표면에서 평활하고 재광화된 형태의 구상 물질을 확인할 수 있었다.

Table 3. Fluorescence difference at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F(\%)*$		$\Delta \Delta F(\%)$
		Before treatment	After treatment	
Control group				
Upeer left	7	-4.41 ± 3,02	-6.66 ± 0,57	-2.25 ± 2,64
Lower right	7	-1.70 ± 2,92	-6.11 ± 0,38	-4.41 ± 2,69
	14	-3.06 ± 3,18	-6.39 ± 0,55	-3.33 ± 2,80
Experimnetal group				
Upper right	7	-4.40 ± 3,01	-5.56 ± 2,47	-1.16 ± 4,47
Lower left	7	-4.29 ± 2,94	-3.50 ± 3,28	0.79 ± 4,18
	14	-4.34 ± 2,86	-4.53 ± 2,99	-0.19 ± 4,28
P-value		0.423	0.061	0.030

* Values are mean ± SD

Table 4. Fluorescence difference on maxilla at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F(\%)*$		$\Delta \Delta F(\%)$
		Before treatment	After treatment	
Upper left (Control group)	7	-4.41 ± 3,02	-6.66 ± 0,57	-2.25 ± 2,64
Upper right (Experimental group)	7	-4.40 ± 3,01	-5.56 ± 2,47	-1.16 ± 4,47
P-value		0,991	0,272	0,590

* Values are mean ± SD

Table 5. Fluorescence difference on mandible at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F(\%)*$		$\Delta \Delta F(\%)$
		Before treatment	After treatment	
Lower right (Control group)	7	-1.70 ± 2,92	-6.11 ± 0,38	-4.41 ± 2,69
Lower left (Experimental group)	7	-4.29 ± 2,94	-3.50 ± 3,28	0.79 ± 4,18
P-value		0,124	0,080	0,017

* Values are mean ± SD

Table 6. Fluorescence difference after reapplication on experimental group at 8 weeks

Group Name	N	$\Delta F(\%)*$		
		Before treatment	After treatment (4 weeks)	After treatment (8 weeks)
Upper right	7	-4.40 ± 3,01	-5.56 ± 2,47	-6.37 ± 0,39
$\Delta \Delta F(\%)+$			-1.16 ± 4,47	-1.98 ± 2,88
$\Delta \Delta \Delta F(\%)\ddagger$				0,813 ± 2,28
P-value				0,383

* Values are mean ± SD

+ $\Delta \Delta F(\%) = \text{After treatment } \Delta F(4 \text{ weeks}, 8 \text{ weeks}) - \text{Before treatment } \Delta F$

‡ $\Delta \Delta \Delta F(\%) = \Delta \Delta F(8 \text{ weeks}) - \Delta \Delta F(4 \text{ weeks})$

Table 7. Fluorescence difference after application on control group at 8 weeks

Group Name	N	$\Delta F(\%)*$		
		Before treatment	After treatment (4 weeks)	After treatment (8 weeks)
Upper right	7	-1.70 ± 2,92	-6.11 ± 0,38	-2.57 ± 3,21
$\Delta \Delta F(\%)+$			-4.41 ± 2,69	-1.01 ± 4,62
$\Delta \Delta \Delta F(\%)\ddagger$				-3,06 ± 3,27
P-value				0,070

* Values are mean ± SD

+ $\Delta \Delta F(\%) = \text{After treatment } \Delta F(4 \text{ weeks}, 8 \text{ weeks}) - \text{Before treatment } \Delta F$

‡ $\Delta \Delta \Delta F(\%) = \Delta \Delta F(8 \text{ weeks}) - \Delta \Delta F(4 \text{ weeks})$

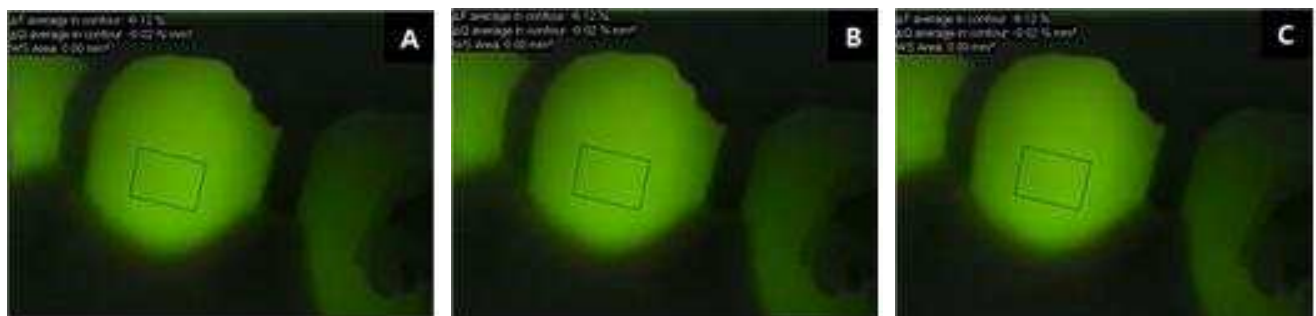


Figure 1. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride varnish reapplication group(upper right, #10). A = Baseline, B = 4 weeks, C = 8weeks.

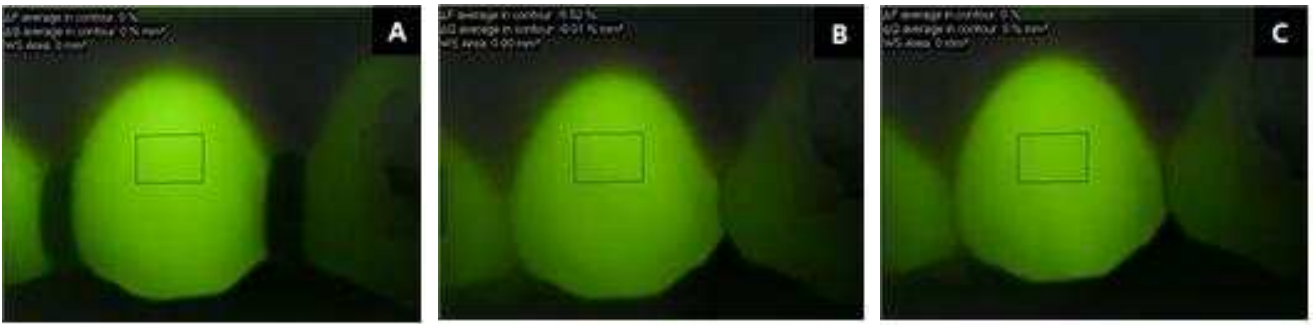


Figure 2. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride application group after 4 weeks nature demineralization (lower right, #40). A = Baseline. B = 4 weeks. C = 8 weeks.

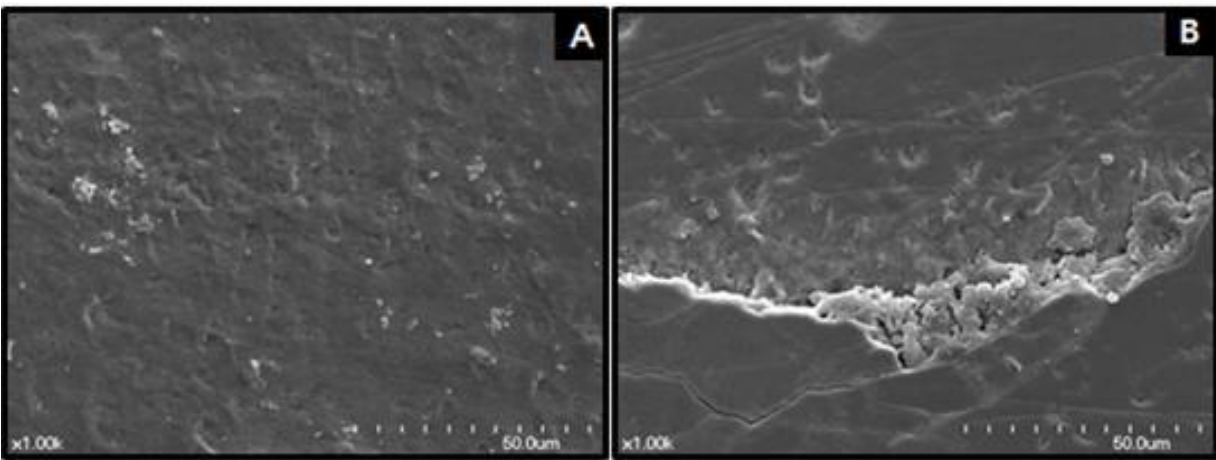


Figure 3. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 4 weeks. $\times 1,000$, A = Experimental group (lower left, #30). B = Control group (upper left, #20).

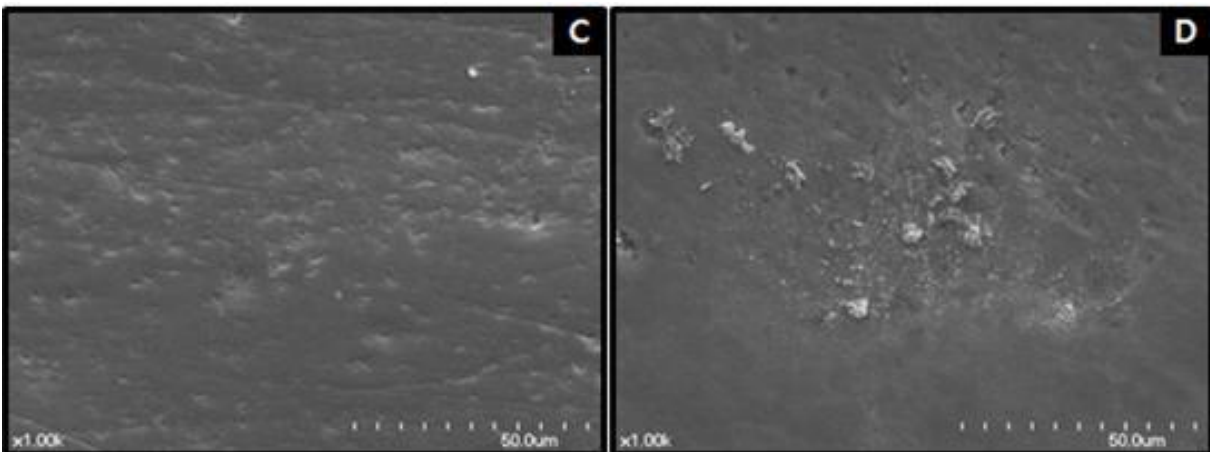


Figure 4. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 8 weeks, $\times 1,000$. C = Experimental group, fluoride varnish reapplication group after 4 weeks fluoride varnish application (upper right, #10). D = Control group, fluoride application group after 4 weeks nature demineralization (lower right, #40).

IV. DISCUSSION

본 연구에서는 일반적으로 예방 목적으로 사용되는 국소불소도포 사용법 중 불소바니쉬의 사용에 의한 법랑질 탈회 예방효과를 QLF와 SEM을 통하여 정량적, 정성적으로 평가하였다. 초기 치아우식병소의 경우 진행성 우식으로 이행되기 전 진단하는 것이 중요하고(Ismail, 1997), 이러한 치아우식증을 관찰하기 위한 실험적 방법으로, 편광현미경, 미세경도 측정법, 주사레이저 현미경 등이 사용되고 있으나 침습적인 방법으로 임상에서 환자에게 실제적으로 적용하기는 어렵다(Ogaard와 Rølla, 1992; Benson 등, 1999; Fontana 등, 1996). 따라서 본 연구에서 사용한 QLF는 전통적인 검사방법보다 비와동성우식 및 미세한 병소도 관찰이 가능한 장비로 초기 탐지능력이 우수하며(Kühnisch 등, 2007), Aljehani 등은 교정장치가 부착된 치아 주변의 백색병소를 정량화함에 있어, QLF가 다른 우식탐지기기 들보다 더 재현성이나 정확성이 뛰어난 값을 가진다고 하였다. 또한 QLF는 교정치료 중인 환자를 비침습적으로 측정할 수 있기 때문에 실제 사람의 구강내 환경에서 연구하는 생체내(in vivo) 연구에 적합하게 사용할 수 있었다. 생체 내에서 치질을 QLF로 측정한 형광량은 수분의 포함 여부에 따라 빛의 산란에 영향을 미쳐 그 값이 달라지게 되는데(Ando 등, 2001), Ando 등(2003)의 연구에 따르면 압축공기를 통한 건조 시간이 3초 이상 되어야 탈회된 치질에서의 자가형광성이 뚜렷하게 나타난다고 하였다. 또한 생체내 실험의 특성상 측정과정에서 다양한 변수들이 발생될 수 있으므로, QLF 측정 후 교정발치한 해당 치아들을 SEM 이미지 촬영을 통해 보완적으로 관찰하여, 정량적으로 나온 QLF 데이터와 비교해 정성적인 분석을 추가하였다.

불소바니쉬는 국소적으로 적용하는 불소도포 방식 중 가장 흔하게 이용되는 방식으로 지각과민증의 완화와 치아우식증의 예방 및 초기 치아우식증 진행 억제등의 효과가 보고되고 있다. 최근 Benson 등(2013)이 발표한 코크란 리뷰에 따르면 일반치아 및 교정환자에게 6개월 주기의 불소바니쉬 도포는 초기 백색병소의 발생을 70% 가까이 낮추는 효과를 가지고 있으며, 미국의 질병관리본부(2001)와 미국치과의사협회(2006)의 보고에 의하면 우식발생위험도가 높은 아동에게 불소바니쉬를 적용할 경우 우식예방효과가 높은 것으로 나타났

다. Twetman과 Peterson(1996)은 4-5세 아동에서 불소바니쉬 적용에 따른 우식 발생 억제 효과를 세계보건기구(WHO)의 기준에 따라 연구하고 불소바니쉬의 우식 정지효과를 확인하였으며, 유치열 및 영구치열에서의 불소바니쉬의 우식 정지 효과 및 우식 예방효과에 관한 많은 연구들이 진행되었고 그 효과가 입증되었다(ten Cate, 2013; Tufekci 등, 2011; Rogers 등, 2010).

불소바니쉬는 다른 불소제품에 비해 치아 표면에 부착이 용이하고 지속적으로 불소를 유리 시켜 항우식 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있으며, 환자의 협조도에 덜 영향을 받는 것으로 알려져있다(Beltrán-Aguilar, 2000). 임상적으로 권장되는 불소바니쉬 도포 주기는 미국 ADA와 CDC에서 제안한 최소 1년 2회이상 6개월 주기로 적어도 2년 이상 지속하는 것을 권장하며, 우식활성도가 높은 사람에게 3개월 주기로 적용하는 것을 권장하고 있으나 아직까지 명백한 적정 도포주기와 횟수가 제시되어 있지 않다(CDC, 2001; ADA, 2006).

본 연구에서 QLF를 이용한 법랑질 탈회량을 살펴본 결과 4주차에서 대조군에서 불소바니쉬를 도포한 실험군보다 뚜렷하게 형광량의 소실이 일어났으며, 이는 불소바니쉬 도포를 통해 교정환자에서 치아우식증의 예방효과가 있다고 결론지을 수 있다. 이는 기존의 진행된 불소바니쉬의 우식억제 효과에 관한 임상 연구들과 같은 양상을 보이며(Rechmann 등, 2013; Grover 등, 2012), 이러한 정량적 결과들을 SEM 이미지를 통해 정성적으로 분석해본 결과 초기에 불소바니쉬를 도포한 하악좌측 소구치에서 자연마모된 경향성외에 뚜렷한 거친 부분을 확인할 수 없었지만 대조군으로 불소바니쉬를 도포하지 않은 상악 좌측의 소구치 같은 경우 SEM 이미지 상에서 탈회된 표면을 확인할 수 있었다. 또한 초기와 4주차에 불소바니쉬를 연속적으로 재도포한 상악 우측의 경우 자연적인 스케레치 외의 평활한 면을 확인할 수 있었으며, 초기에 4주간 자연탈회 시킨 후 4주차에 불소바니쉬를 도포한 하악 우측 소구치의 경우 재광화된 구상형태의 물질들을 확인할 수 있었다.

불소바니쉬 도포 4주 후 도포부위를 상악, 하악으로 층화하여 분석해 본 결과 상악에서의 대조군과 실험군의 형광량 변화는 유의하지 않은 반면, 하악에서의 형광량변화는 대조군과 실험군에서 유의하게 나타났다. 기존의 Wenderoth 등(1999)의 연구에 따르면 상하악의 탈회량은 차이가 발생하는데, 통

상적으로 상악의 전치부 탈회량이 하악 전치부보다 많으며, 부위별로는 상악 측절치와 하악 구치부에서 가장 많은 탈회량을 보이는 것으로 나타났다. 또한 여러 연구에서도 전체적으로는 상악이 하악보다 탈회량이 크지만 부위별로는 상악 전치부와 하악구치부가 탈회량이 많으며(Mizrahi, 1983; Mackay, 2005), 이는 음식물의 저류 효과 및 여러 가지 요인에 기인한다고 하였다. 본 연구에서도 이러한 상하악의 기본적인 탈회량의 차이에 기인하여 본 연구에서의 상악과 하악에서의 형광량 변화에 영향을 미친것으로 사료된다.

불소바니쉬 도포 8주 후 초기와 4주에 반복적으로 불소바니쉬를 도포한 상악 우측 부위에서 탈회량이 증가하는 경향성을 보였으나 통계학적으로 유의하지 않았으며, 반면 초기 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포하여 재광화 효과를 분석한 하악 우측 부위의 경우 탈회량이 줄어드는 경향성을 보였으나, 이 또한 통계학적으로 유의하지 않았다. 이는 환자마다 진행되는 탈회정도와 재광화정도가 달라 대상자들간의 차이에 대한 통계적 분석이 용이하지 않은 한계점이 있다. 하지만 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포하여 탈회량이 줄어드는 경향성을 보인 점은 통상적으로 4주를 주기로 정기검진을 진행하는 교정치료환자들에서 초기우식증 발견 시 불소바니쉬의 도포가 우식증의 진행을 막는데 도움이 된다는 임상적 근거가 될 수 있다고 사료된다.

본 연구에서는 임상적 한계로 교정치료 진행과정에 영향을 미치지 않기 위해 치아의 발거를 진행할 수밖에 없었다. 이로 인해 8주차에서 각각 상악, 하악의 개별 대조군이 존재하지 않으며, 통상적으로 자연조건에서 부위별, 환자별로 탈회에 대한 민감도가 달라 직접적인 비교를 하기에 한계가 있었다. 따라서 이러한 한계점들을 보완하여 추후 실험실내(in vitro) 실험을 통해 정확한 효과 평가가 연구되어야 한다고 사료되었다.

V. CONCLUSIONS

교정환자에서 불소바니쉬에 의한 예방효과를 QLF와 SEM을 이용하여 확인해본 결과 4주차에서 대조군과 실험군간의 통계적으로 유의한 차이를 볼 수 있었다. 대조군에서는 초기에 비해 형광량이 유의하게 감소한 반면 불소바니쉬를 도포한

실험군에서 형광량 소실이 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 또한 SEM 이미지를 통하여 정성적으로 분석해본 결과 표면상태가 대조군에서 탈회가 일어나는 양상을 보였다. 따라서 교정환자에서의 불소바니쉬 적용이 초기우식증을 예방할 수 있는 효과적인 방법이라 할 수 있겠다. 또한 4주차에서 자연탈회된 치아와 불소바니쉬를 적용했던 치아에 불소바니쉬를 적용한 결과 자연탈회된 치아에 형광량이 다시 회복되어 재광화되는 양상을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. SEM 이미지를 통해 정성적으로 분석해본 결과 이미지 상에 재광화된 입자들이 나타났으나, 명확한 대조군 측정을 위해 in vitro에서의 실험이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

VI. REFERENCES

1. Aljehani A, Tranaeus S, Forsberg CM, Angmar-Månsson B, Shi XQ (2004). 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.
2. American Dental Association Council on Scientific Affairs (2006). Professionally applied topical fluoride: evidence-based clinical recommendations. *J Am Dent Assoc* 137:1151-1159.
3. Ando M, Schemehorn BR, Eckert GJ, Zero DT, Stookey GK (2003). Influence of enamel thickness on quantification of mineral loss in enamel using laser-induced fluorescence. *Caries Res* 37:24-28.
4. Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK (2001). Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res* 35:464-470.
5. Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ (2001). Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac*

- Radiol* 30:298-307.
6. Beltrán-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA (2000). Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc* 131:589-596.
 7. Benson PE, Parkin N, Dyer F, Millett DT, Furness S, Germain P (2013). Fluorides for the prevention of early tooth decay (demineralised white lesions) during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 12;12: CD003809.
 8. Benson PE, Pender N, Higham SM (1999). An in situ caries model to study demineralisation during fixed orthodontics. *Clin Orthod Res* 2:143-153.
 9. Bravo M, Garcia-Anllo I, Baca P, Llodra JC (1997). A 48-month survival analysis comparing sealant(Delton) with fluoride varnish (Duraphat) in 6-to 8-year-old children. *Community Dent Oral Epidemiol* 25:247-250.
 10. Centers for Disease Control and Prevention (2001). Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United States. *MMWR Recomm Rep*. 17;50(RR-14):1-42.
 11. Evrenol BI, Kucukkeles N, Arun T, Yarat A (1999). Fluoride release capacities of four different orthodontic adhesives. *J Clin Pediatr Dent*. 23:315-319.
 12. Fontana M1, Li Y, Dunipace AJ, Noblitt TW, Fischer G, Katz BP, Stookey GK (1996). Measurement of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlation study. *Caries Res*. 30:317-325.
 13. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Benson BJ (1992). Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 101:403-407.
 14. Gorton J, Featherstone JD (2003). In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 123:10-14.
 15. Grover S, Sidhu MS, Prabhakar M, Jena S, Soni S (2012). Evaluation of fluoride varnish and its comparison with pumice prophylaxis using self-etching primer in orthodontic bonding--an in vivo study. *Eur J Orthod*. 34:198-201.
 16. Heintz S, Georg P (1999). Oral health for the orthodontic patients. Philadelphia: Mosby; p.2-9, 94-97.
 17. Ismail AI (1997). Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. *Community Dent Oral Epidemiol*. 25:13-23.
 18. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Hickel R, Stösser L, Heinrich-Weltzien R (2007). In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. *Acta Odontol Scand*. 65:183-188.
 19. Mackay TD, Thomson WM (2005). Enamel defects and dental caries among Southland children. *N Z Dent J*. 101:35-43.
 20. Mizrahi E (1983). Surface distribution of enamel opacities following orthodontic treatment. *Am J Orthod*. 84:323-331.
 21. Nakata K, Nikaido T, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J (2009). Relationship between fluorescence loss of QLF and depth of demineralization in an enamel erosion model. *Dent Mater J*. 28:523-529.
 22. O'Reilly M, Featherstone D (1987). Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 92:33-40.
 23. Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J (1996). Microradiography and confocal laser scanning microscopy applied to enamel lesions formed in vivo with and without fluoride varnish treatment. *Eur J Oral Sci*. 104:383-387.
 24. Ogaard B, Rølla G,J (1992). The in vivo orthodontic banding model for vital teeth and the in situ orthodontic banding model for hard-tissue slabs. *Dent Res*. 71:832-835.

25. Pithon MM, Dos Santos MJ, Andrade CS, Leão Filho JC, Braz AK, de Araujo RE, Tanaka OM, Fidalgo TK, Dos Santos AM, Maia LC (2014). Effectiveness of varnish with CPP-ACP in prevention of caries lesions around orthodontic brackets: an OCT evaluation. *Eur J Orthod*. Jul 4. pii: cju031. [Epub ahead of print]
26. Rechmann P, Charland DA, Rechmann BM, Le CQ, Featherstone JD (2013). In-vivo occlusal caries prevention by pulsed CO₂-laser and fluoride varnish treatment--a clinical pilot study. *Lasers Surg Med* 45:302-310.
27. Rogers S, Chadwick B, Treasure E (2010). Fluoride-containing orthodontic adhesives and decalcification in patients with fixed appliances: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138:390-391.
28. Seppa L, Leppanen T, Hausen H (1995). Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: A 3-year clinical trial. *Caries Res* 29:273-330.
29. Shobha T, Nandlal B, Prabhakar AR, Sudha P (1987). Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride for school children in Manibal. *J Indian Dent Assoc*. 59:157-160.
30. Silverstone LM (1967). Observation on the dark zone in early enamel caries and artificial like lesions. *Caries Res* 1:267-287.
31. Stookey GK (2005). Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am* 49:753-770.
32. ten Cate JM (2013). Contemporary perspective on the use of fluoride products in caries prevention. *Br Dent J* 214:161-167.
33. Tewari A, Chawla HS, Utreja A (1990). Comparative evaluation of the role of NaF, APF and Duraphat topical fluoride applications in the prevention of dental caries: A 21/2-year study. *J Indian Soc Pedo Prev Dent* 8:28-35.
34. Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, Donly KJ, Wefel JS (1999). Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116:159-167.
35. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ (2011). Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod* 81:206-210.
36. Twetman S, Petersson LG (1996). Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. *Eur J Oral Sci* 104:523-528.
37. Verdonschot EH, Angmar-Mansson B (2003) Advanced methods of caries diagnosis and quantification. In: Fejerskov O, Kidd E (eds) Dental caries. The disease and its clinical management. Blackwell Munksgard, Frederiksberg, pp 129-139.
38. Wenderoth CJ, Weinstein M, Borislow A J (1999). Effectiveness of a fluoride-releasing sealant in reducing decalcification during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116:629-634.
39. Wu J, Donly ZR, Donly KJ, Hackmyer S (2010). Demineralization Depth Using QLF and a Novel Image Processing Software. *Int J Dent* 2010:958264. doi: 10.1155/2010/958264. Epub 2010 Apr 28.