

## 실험용 불소바니쉬가 우치의 비커스 경도에 미치는 영향

김아진<sup>1</sup>, 손주리<sup>2</sup>, 오승한<sup>2,3</sup>, 배지명<sup>2,3,4\*</sup>

서라벌대학교 치위생과<sup>1</sup>, 원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실<sup>2</sup>,  
원광대학교 생체재료-매식연구소<sup>3</sup>, 원광대학교 골격계질환연구소<sup>4</sup>

〈Abstract〉

### Effect of Experimental Fluoride Varnish upon the Vickers Hardness of Bovine Teeth

Ah-Jin Kim<sup>1</sup>, Ju-Lee Sor<sup>2</sup>, Seunghan Oh<sup>2,3</sup>, Ji-Myung Bae<sup>2,3,4\*</sup>

Department of Dental Hygiene, Sorabol College<sup>1</sup>,  
Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Wonkwang University<sup>2</sup>,  
Institute of Biomaterial-Implant<sup>3</sup>, Institute of skeletal disease<sup>4</sup> of Wonkwang University

The purpose of this study was to evaluate the effect of the experimental and commercial fluoride varnishes on the Vickers hardness of bovine teeth. The experimental fluoride varnishes with 5 wt.% NaF were fabricated using Bis-GMA or rosin as the resin base. The components were mixed with over-head stirrer under warming up in a double boiler for 30 minutes. Four commercial fluoride varnishes (V-varnish, Flor-opal, Cavity shield, Fluor protector) were compared with the experimental fluoride varnishes. Vickers hardness was measured on the labial surface of bovine anterior teeth after applying fluoride varnish on 5th and 30th day. The surface of bovine teeth was observed with a scanning electron microscope before and after applying fluoride varnish and the change of the components on the bovine teeth surface was measured with EDX. In terms of hardness, the experimental rosin-based fluoride varnish showed significantly higher hardness on the 5th and 30th day than the control (bovine teeth without fluoride treatment)( $p < 0.05$ ). EDX results showed that the fluoride content on the surface of bovine teeth treated with the experimental rosin-based fluoride varnish was highest on the 1st and 10th day. The higher hardness and fluoride content of experimental rosin-based fluoride varnish can be considered to be used as an effective fluoride varnish to prevent dental caries.

*Key words* : Fluoride varnish, Vickers hardness, bis-GMA-based, Rosin-based

## I . INTRODUCTION

치아우식을 예방하기 위하여 불소를 국소적으로 투여하는 방법으로 불소바니쉬, 불소겔, 불화나트륨 수용액, 불소폼과

불소치약 등이 있다(Attin 등, 2005). 산성불화인산염의 불소 겔은 법랑질에 침착되는 불소의 양이 불화석(stannous fluoride) 이나 불화나트륨(NaF)에 비해 많아서 우식감소효과가 오래 지속된다(Brudevold 와 Naujoke, 1978). 하지만 어린이나 장애인 경우에는 불소를 삼켜 일시적인 구토증상과 같은 불편 감을 주며, 수용성으로 치아와의 접촉시간이 짧아 효과가 지속적이지 못하고 산성이기 때문에 복합레진이나 글라스아이 오노머와 같은 심미수복재의 표면을 거칠게 만든다는 보고가

\* Correspondence: 배지명 (ORCID ID: 0000-0002-8607-8604)  
(우 54538) 전북 익산시 익산대로 460, 원광대학교 치과대학  
치과생체재료학교실  
Tel: +82-63-850-6859, Fax: +82-63-850-6859  
E-mail: baejimy@wku.ac.kr

Received: Mar. 13, 2016; Revised: Mar. 21, 2016; Accepted: Mar. 21, 2016

\*이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A2A2A01007393)

있다(Adair, 1991). 불소바니쉬는 점성이 있기 때문에 치아에 잘 부착되며 타액과 접촉하게 되면 경화되며 법랑질 표면, 치면세균막, 타액으로 불소가 방출되고 다른 불소 제제에 비해 장기간 불소를 방출하는 장점이 있어 널리 이용되고 있다(Delbem 등, 2009). 국소 불소도포 제제의 치아우식 감소효과를 비교한 연구들을 살펴보면 Duraphat, 2% 불화나트륨 수용액과 1.23% APF 겔을 비교해본 결과 불소를 적용하고 2년 6개월 이후의 치아우식이 2% 불화나트륨 수용액은 28%, APF는 37% 감소한 것에 비해 불소바니쉬는 74%로서 치아우식이 큰 비율로 감소하였다(Tewari 등, 1990).

현재 시판되고 있는 불소바니쉬의 성분은 레진 베이스, 용매, 불소로 구성되어 있다. 레진 베이스는 천연레진인 송진(colophony)이 주로 사용되고 있으나 폴리우레탄(polyurethane), 레진강화형 글라스아이오노머(resin modified glass ionomer) 등도 사용된 제품이 출시되고 있다. 불소는 5 wt.% 불화나트륨이 주로 사용되고 있으나 difluorosilane을 사용한 제품도 있다. 용매는 대부분 에탄올이 사용되고 있으며, 불소가 difluorosilane을 사용한 제품의 경우에는 에틸아세테이트를 사용하고 있다.

불소를 포함한 제제가 법랑질의 재광화에 기여한다는 연구가 보고되고 있다(Burke 등, 2006; Rodrigues 등, 2008). 치아의 법랑질은 주로 수산화인회석으로 구성되어 있으며 고농도의 불소가 적용되면 치아의 표면에 불화칼슘(CaF<sub>2</sub>)이 형성된다. 그러나 불화칼슘은 타액이나 알칼리 용액에 쉽게 없어지며(Seppä, 2004), 치아우식 예방에 효과적이지 않다는 연구결과가 있다(Delbem 등, 2009). 하지만 저농도의 불소가 도포되면 법랑질의 결정 구조내에 불화인회석(Fluoroapatite)이 형성된다. 불화인회석은 수산화인회석보다 탈회에 대한 저항

성이 높으며 재광화를 촉진시켜 치아 우식 예방에 효과적이라고 보고되고 있다(Seppä, 2004).

일상생활에서 음식물을 섭취하거나 잇솔질을 하게 되면 치아에 부착되어 있던 불소바니쉬가 쉽게 탈락 된다. 저농도의 불소를 꾸준히 방출하여 불화인회석이 형성되기 위해서는 불소바니쉬가 오랜 시간 치아에 부착되어 있어야 한다. 기존의 선행연구에서는 시판되고 있는 불소바니쉬를 스트립이나 치아에 바르고 짧은 시간동안 불소 방출량을 측정하였거나 불소바니쉬를 치아에 적용하여 경도의 변화를 측정한 연구가 주를 이루고 있다(Shen 과 Autio-Gold, 2002; Ritwik 등, 2012; Manarelli 등, 2015). 하지만 불소바니쉬를 적용한 후 시간에 따른 경도의 변화와 치아 표면의 성분 변화를 평가한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구의 목적은 로진제제와 bis-GMA 제제를 레진 베이스로 하여 제작한 실험용 불소바니쉬를 우치에 적용한 후 인공 타액에 침지시키고, 잇솔질을 하루에 2회 실시하여 시간에 따른 치아표면의 경도 및 치아 표면 성분의 변화를 시판되고 있는 불소바니쉬와 비교분석 하는 것이었다.

## II. MATERIALS AND METHODS

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용된 실험용 불소바니쉬는 자가중합형 bis-GMA 제제와 로진 제제를 각각 레진 베이스로 하여 제작하였다. 자가중합형 bis-GMA 제제 불소바니쉬는 bis-GMA (NK Oligo, EMA-1020, Shin-Nakamura Chemical, Japan)를

**Table 1.** Commercial fluoride varnishes used in the study

Brand name	Manufacturer	Lot number
V-varnish	Vericom, Chuncheon, Korea	W3661B0
Flor-opal	Ultradent, South Jordan, USA	136W2J
Cavity shield	3M ESPE, MN, USA	T13925
Fluor protector	Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein	K11522W

65 wt.%, 에탄올을 용매로 30 wt.% 첨가하였다. 로진 제재 불소바니쉬는 로진(KR-610, Arakawa, Japan)을 45 wt.%, 에탄올을 용매로 50 wt.% 첨가하였다. 두가지 실험용 불소바니쉬 모두 5% 불화나트륨(Sigma-Aldrich, USA)을 불소의 원료로 첨가하여 물중탕하에서 기계식 교반기로 30분간 혼합하여 제작하였다. 실험용 불소바니쉬와 비교평가하기 위해 사용된 현재 시판 중인 불소바니쉬는 Table 1과 같다.

불소바니쉬를 적용하기 위하여 우치의 전치부를 사용하였으며, 불소바니쉬를 적용하기 전까지 증류수에 넣어 4℃에서 냉장 보관하였다.

## 2. 불소바니쉬 적용

실험용 불소바니쉬와 시판되고 있는 불소바니쉬를 우치에 적용하기 위하여 우치의 치수를 제거하고 치수강을 유틸리티 왁스로 채웠다. 깨끗한 협면에 10 × 7 mm의 테잎을 붙인 후 그 이외의 우치 표면에 매니큐어를 도포하였다. 테잎을 제거한 뒤 그 부위에 불소바니쉬를 5 mg을 도포하였다. 실온에서 10분 동안 경화 시킨 다음 플라스틱병에 10 mL의 인공타액(NaCl, 0.4 g; KCl, 0.4 g; CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 0.795 g; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 0.78 g; Na<sub>2</sub>S · 9H<sub>2</sub>O, 0.005 g; NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>, 1.0 g; distilled water, 1,000 mL; Iijima M 등, 2013)을 채우고, 불소바니쉬를 도포한 우치를 넣은 후 37℃, 140 rpm의 진탕향온수조(JSSI-100C, JSR, Cheongwon, Korea)에 보관하였다. 불소바니쉬를 도포한지 4시간과 12시간 이후에 우치의 순면에 회전법 동작으로 10회 반복 동작하여 잇솔질을 하였고, 12시간마다 같은 시간에 잇솔질을 시행하였다.

## 3. 비커스 경도 시험

불소바니쉬를 적용한 우치는 5일과 30일에 현미경(AxioTech Vario, Zeiss, Oberkochen, Germany)에 부착된 비커스 경도기(MHT-10, Anton Paar GmbH, Switzerland)를 이용하여 경도를 측정하였다. 대조군으로 불소를 적용하지 않은 건전한 우치의 경도도 측정하였다. 압흔에 균열이 발생하지 않도록 주의하여 400 gf의 하중을 20초 동안 시편의 표면에 압입하여 압흔을 형성한 후 광학현미경을 이용하여 압흔의 대각선의

길이를 각각 측정하였다. 각 시편 당 3회의 압흔을 형성하여 평균을 내었다.

비커스 경도 시험은 대면각이 136°인 정사각뿔 다이아몬드를 이용하여 시편 표면을 눌러 생긴 압흔의 대각선 평균길이와 압흔 하중(P=kgf)로부터 경도를 구하며(ISO 6507-1), 계산식은 다음과 같다.

$$H_v = (2P \times \sin 360^\circ/2) / d^2 = 1.854 \times P / d^2$$

P : 압흔의 하중 (kgf)

d : 대각선의 평균길이 (mm)

## 4. 주사전자현미경 관찰 및 EDX 분석

불소바니쉬를 적용한 우치를 1일, 5일, 10일 동안 인공타액에 침지 후 건조시켜 주사전자현미경(JSM-6360, Jeol Ltd., Tokyo, Japan)을 사용하여 100배율과 1000배율로 관찰하였다. 대조군으로 불소바니쉬를 적용하지 않은 우치의 표면도 관찰하였다. 우치의 표면이 위로 가도록 아크릴릭 레진(Ortho-Jet, Lang Dental, Wheeling, West Virginia)에 포매 후 탄소 코팅을 실시하였다. 치아 표면의 성분변화를 관찰하기 위해 F, Ca, P 원소를 EDX(Oxford instruments Analytical 7582, England)로 측정하였다.

## 5. 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 12.0; SPSS GmbH, Munich, Germany)을 이용하였다. 경도 시험은 Kruskal-Wallis로 신뢰수준 95%에서 분석하였고, 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

## III. RESULTS

### 1. 불소바니쉬를 적용한 우치의 비커스 경도

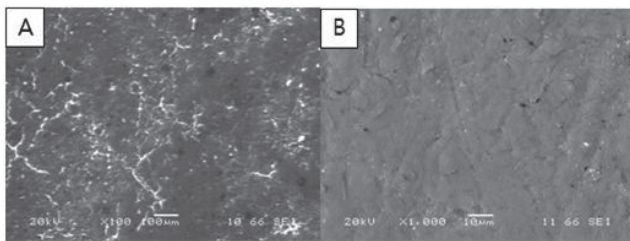
실험용 불소바니쉬와 시판용 불소바니쉬를 우치에 적용하고 5일과 30일에서 우치의 비커스 경도는 Table 2와 같다. 5일과 30일 후 로진 제재 불소바니쉬가 다른 실험군보다 유의성있게 높은 경도를 보였다(p<0.05). 5일에서는Flor-Opal이

**Table 2.** Vickers hardness number of control, two experimental fluoride varnishes, and five commercial fluoride varnishes (mean ± standard deviation)

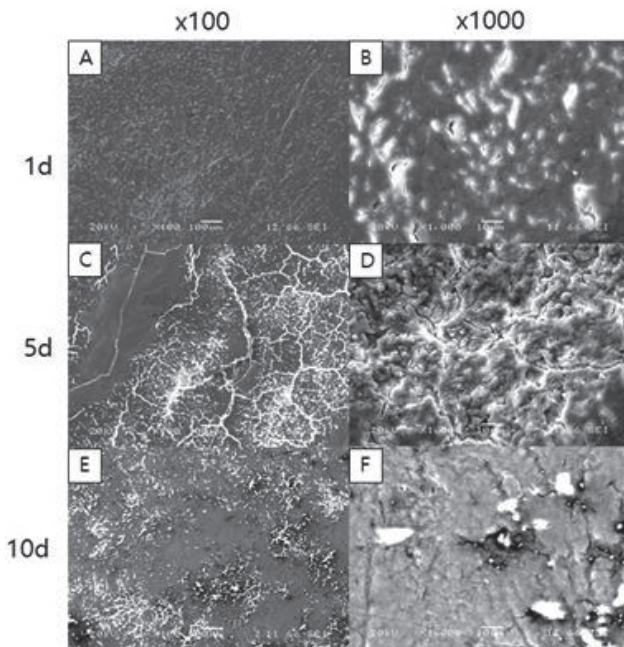
Control		Experimental			Commercial		
		Rosin	Bis-GMA	Fluor-Protector	V-Varnish	Cavity shield	Flor-Opal
54,6±3,0	5 days	433,6±28,7 <sup>A</sup>	116,5±73,5 <sup>bD</sup>	38,2±5,5 <sup>bF</sup>	62,5±2,0 <sup>bE</sup>	298,2±13,5 <sup>bC</sup>	314,6±21,4 <sup>bB</sup>
	30 days	487,5±43,1 <sup>A</sup>	435,2±221,0 <sup>aB</sup>	59,0±11,5 <sup>aF</sup>	341,8±52,0 <sup>aD</sup>	345,6±9,6 <sup>aE</sup>	377,8±25,2 <sup>aC</sup>

Control: Vickers hardness number of natural bovine teeth without any surface treatment on first day.

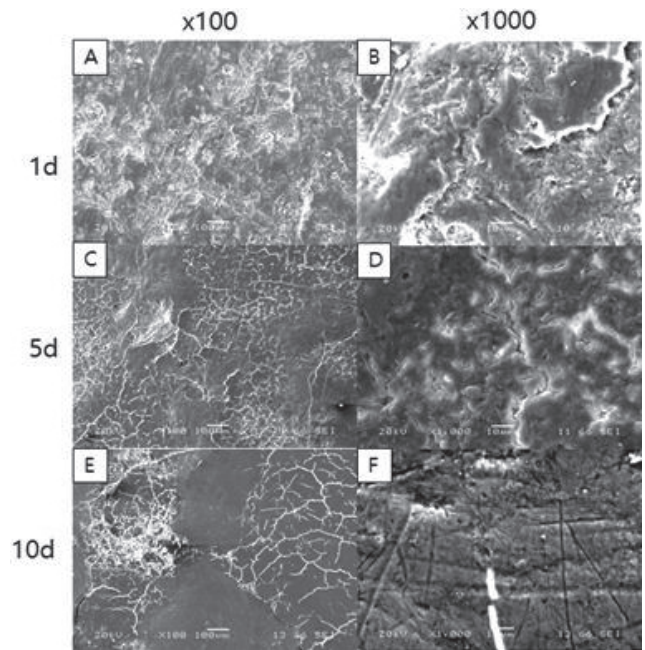
Different lowercase letters are significantly different among each material (column) by independent sample t-test and different uppercase letters are significantly different among the time period (row) by Kruskal-Wallis Test-Ranks at  $\alpha=0,05$ .



**Figure 1.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth surface before applied with fluoride varnish (A, x100, B, x1000).



**Figure 2.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with bis-GMA-based fluoride varnish after 1day(A: x100, B: x1000), 5days (C: x100, D: x1000), 10days (E: x100, F: x1000).



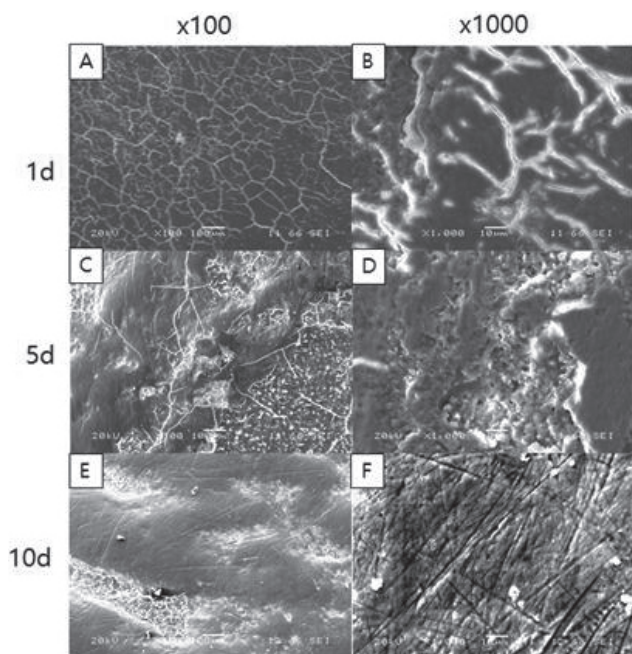
**Figure 3.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with rosin-based fluoride varnish after 1day(A: x100, B: x1000), 5days (C: x100, D: x1000), 10days (E: x100, F: x1000).

두 번째로 높은 경도를 보였으며, 30일에서는 자가중합형 bis-GMA 제재 불소바니쉬가 두 번째로 높은 경도를 보였다 ( $p<0,05$ ). 반면 Fluor-Protector의 경우 5일과 30일 모두에서 가장 낮은 경도를 보였다( $p<0,05$ ).

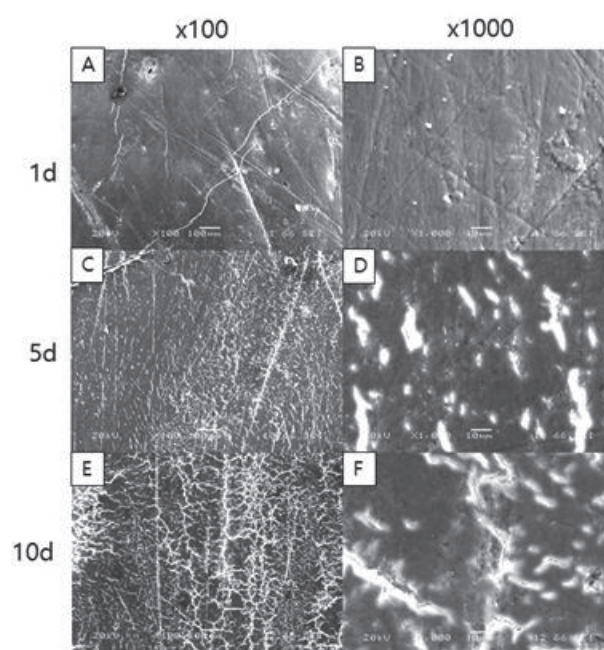
## 2. 주사전자현미경 관찰

아무런 처치도 하지 않은 우치의 표면을 주사전자현미경으

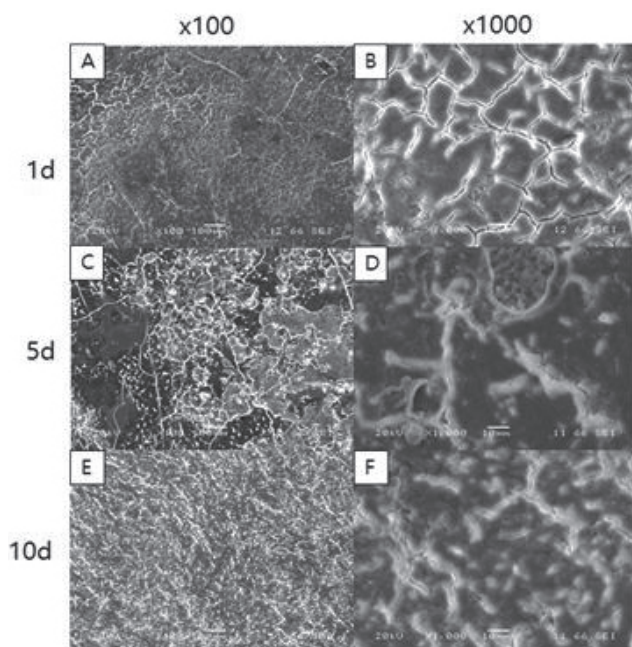




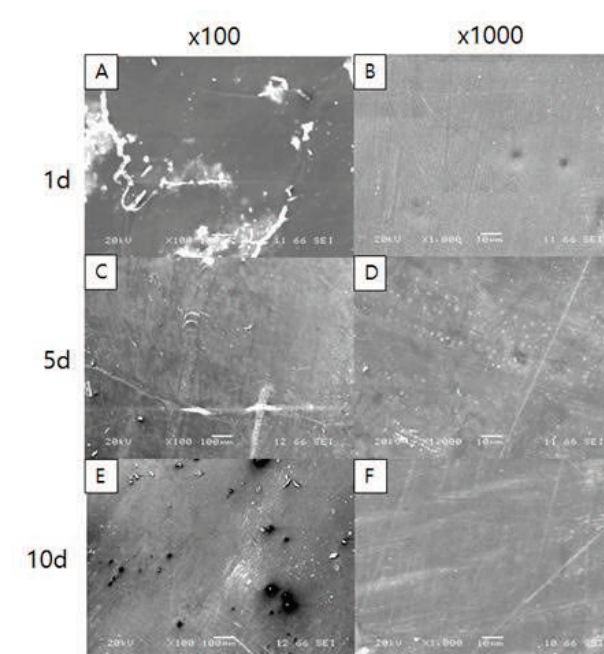
**Figure 4.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with the V-varnish after 1day(A:  $\times 100$ , B:  $\times 1000$ ), 5days (C:  $\times 100$ , D:  $\times 1000$ ), 10days (E:  $\times 100$ , F:  $\times 1000$ ).



**Figure 6.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with the Cavity shield after 1day(A:  $\times 100$ , B:  $\times 1000$ ), 5days (C:  $\times 100$ , D:  $\times 1000$ ), 10days (E:  $\times 100$ , F:  $\times 1000$ ).



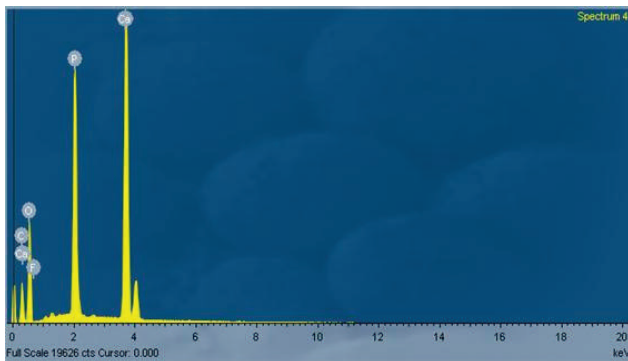
**Figure 5.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with the Flor-opal after 1day(A:  $\times 100$ , B:  $\times 1000$ ), 5days (C:  $\times 100$ , D:  $\times 1000$ ), 10days (E:  $\times 100$ , F:  $\times 1000$ ).



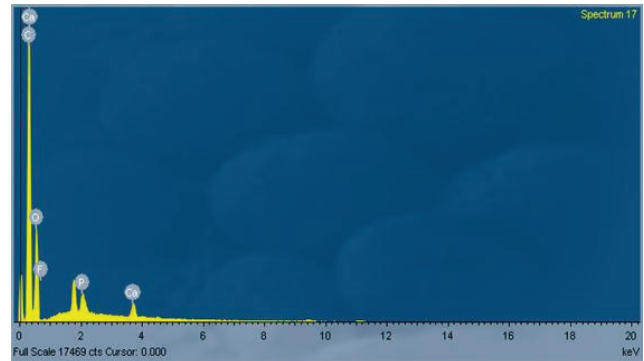
**Figure 7.** Scanning electron micrographs(SEM) images of bovine teeth applied with the Fluor protector after 1day(A:  $\times 100$ , B:  $\times 1000$ ), 5days (C:  $\times 100$ , D:  $\times 1000$ ), 10days (E:  $\times 100$ , F:  $\times 1000$ ).

**Table 3.** Chemical components of the bovine teeth surface treated with experimental and commercial fluoride varnishes (unit : wt,%)

Fluoride apply period	Element	Control	Bis-GMA	Rosin	V-varnish	Flor-opal	Cavity shield	Fluor protector
0day	C	12.68	-	-	-	-	-	-
	O	59.58	-	-	-	-	-	-
	P	11.48	-	-	-	-	-	-
	Ca	16.26	-	-	-	-	-	-
	F	0	-	-	-	-	-	-
1day	C		20.42	25.91	22.56	23.58	7.69	67.55
	O		53.70	51.21	53.17	51.66	66.18	27.79
	P		10.71	9.10	10.26	10.21	11.28	1.99
	Ca		14.89	12.93	13.88	14.15	14.73	2.52
	F		0.28	0.86	0.13	0.39	0.12	0.16
5day	C		21.31	32.32	18.49	19.32	18.86	66.85
	O		52.06	47.85	52.42	54.55	53.68	29.93
	P		10.88	9.29	11.88	10.53	11.11	1.37
	Ca		15.53	10.42	16.97	15.06	16.23	1.76
	F		0.21	0.12	0.25	0.54	0.13	0.09
10day	C		35.23	15.82	13.07	26.45	17.75	66.61
	O		38.92	56.97	57.56	52.04	59.24	32.55
	P		9.87	10.97	12.01	8.95	9.44	0.45
	Ca		15.94	15.34	17.22	12.22	13.44	0.47
	F		0.04	0.59	0.14	0.35	0.13	0



**Figure 8.** EDX graph of bovine enamel surface of bovine enamel surface after 10 days by applying the rosin-based fluoride varnish.



**Figure 9.** EDX graph of bovine enamel surface of bovine enamel surface after 10 days by applying the Fluor-protector fluoride varnish.

로 관찰한 결과는 Figure 1와 같다. 자가중합형 bis-GMA 제재 불소바니쉬를 우치에 도포하고 1일, 5일, 10일 후의 우치의 표면은 Figure 2와 같으며, 로진 제재 불소바니쉬를 적용한 우치의 표면은 Figure 3과 같다. 시판용 불소바니쉬를 우치에

도포하고 1일, 5일, 10일 후의 우치의 표면은 Figure 4 - Figure 7와 같다. 불소바니쉬를 적용한 우치의 표면은 대체적으로 시간이 지남에 따라 불소바니쉬가 벗겨지는 양상을 보였다. 실험용 로진 제재 불소바니쉬, bis-GMA 제재 불소바니쉬와

Flor-Opal을 적용한 우치는 10일 후에도 불소바니쉬가 부착되어 있는 면이 많이 보였다. V-varnish의 경우 10일 후 불소바니쉬의 소실이 많이 보였고 Cavity shield는 1일째부터 불소바니쉬의 부착이 실험군에 비해 부족해 보였으며, Fluor-Protector는 1일, 5일, 10일 모두에서 균일하게 불소바니쉬에 의해 코팅된 부드러운 모습을 보였다.

### 3. EDX 분석

EDX 분석 결과는 Table 3과 Figure 8과 9에 나타나 있다. 1일과 10일에서 실험용 로진 제재를 처치한 우치의 불소 함유량이 가장 높았다. Fluor-protector는 다른 실험군에 비해 가장 낮은 불소 함유량을 보였고 10일째에는 불소가 검출되지 않았으며, Ca과 P도 가장 낮은 함유량을 보였다.

## IV. DISCUSSION

본 연구에서는 불소바니쉬가 실험적으로 제작한 로진 베이스와 bis-GMA 베이스의 불소바니쉬를 우치에 적용하여 인공 타액에 침지시키고 잇솔질을 하루에 2회 실시하여 시간에 따른 치아표면의 경도 및 치아 표면 성분의 변화를 시판되는 불소바니쉬와 비교분석 하고자 하였다.

실험용 불소바니쉬와 시판용 불소바니쉬를 우치에 적용하고 5일과 30일 후 우치의 비커스 경도를 살펴본 결과 5일과 30일 후 로진 제재 불소바니쉬가 다른 실험군보다 유의성있게 높은 경도를 보였다. 이는 새롭게 제작한 로진 제재 불소바니쉬의 조성과 함량조절로 인해 다른 불소바니쉬에 비해 매우 점도가 높아서 치아에 더 오랜시간 부착될 수 있었기 때문에 꾸준히 방출하는 불소로 인해 치아의 경도가 증가하였을 거라 사료된다. 불소가 치아 경도를 높일 수 있는 이유를 생각해보면 Rošin-Grget 등(2013)은 0.01-10 ppm의 불소농도에 장기간 노출되면 법랑질의 수산화인회석이 불화인회석으로 치환된다고 보고하였다. Seppä(2004)의 연구에 의하면 불화인회석은 수산화인회석 보다 재광화를 촉진시키며 치아우식 예방에 효과적이라고 하였다. 본 연구에서 제작된 로진 제재 불소바니쉬에서 오랜 기간 낮은 농도로 방출되는 불소에 의하여

우치 표면에 불화인회석이 형성되어 치아의 재광화를 촉진시켰기 때문에 경도가 증가하였을 것으로 사료된다.

불화인회석이 형성되었는지 간접적으로 확인하기 위하여 EDX를 분석한 결과, 1일과 10일 후 실험용 로진제재 불소바니쉬를 처치한 치아의 불소 함유량이 가장 높았다. 초기부터 꾸준히 불소가 방출된 군이 경도도 높음을 확인할 수 있었다. 다른 실험군에 비해 낮은 불소 함유량을 보이는 Fluor-protector의 경우 경도도 5일과 30일후 가장 낮게 나타났다. Fluor-protector는 5일 후 가장 낮은 불소 함유량을 보였고, 10일 후에는 불소가 아예 검출되지 않았으며 Ca과 P도 낮은 함유량을 보였다. 이와 같은 이유는 Fluor-protector의 레진 베이스는 폴리우레탄이고, Fluor-protector에 함유된 불소만 다른 군처럼 무기물인 불화나트륨이 아니고, 유기물인 difluorosilane을 사용하였는데, 유기물 불화물질인 difluorosilane은 레진기질인 폴리우레탄과 화학적으로 결합하기 때문에 불화나트륨보다는 쉽게 방출되지 못했을 것이다. 또한 다른 불소바니쉬 군은 5 wt.% 불화나트륨을 사용하고 있어 1 wt.% difluorosilane이 함유된 Fluor-protector보다 5 wt.% 불화나트륨이 더욱 많은 불소를 방출하여 우치의 재광화를 촉진 시켰을 것으로 사료된다. 따라서 Fluor-protector는 다른 불소바니쉬에 비해 낮은 경도와 시간에 따라 낮은 불소함유량을 보이기 때문에 선택 시 신중하게 고려할 필요가 있다고 사료된다.

주사전자현미경 관찰 결과, 불소바니쉬를 적용한 우치의 표면은 시간이 지남에 따라 불소바니쉬가 벗겨지는 양상을 보였다. 하지만 실험용 로진 제재 불소바니쉬와 Flor-Opal을 적용한 우치는 10일 후에도 불소바니쉬가 많이 부착되어 있었다. Elkassas와 Arafa(2014)의 연구에서 APF 젤을 도포하고 2주가 지났을 때 법랑질 결정이 증가하면서 거칠게 탈회된 치아표면이 매끄러워져 본 연구의 결과와 비슷한 양상을 보였다. Shen과 Autio-Gold(2002)의 연구에 의하면 불소바니쉬의 불소 이온이 9일 동안 97%가 방출되었다고 보고되고 있어 기본적으로 불소바니쉬가 9일 정도까지 치아에 붙어 있어야 치아우식 효과를 볼 수 있다. 본 연구에서 하루에 2회에 걸쳐 잇솔질을 실시함에도 불구하고 10일까지 실험용 로진 제재 불소바니쉬와 V-varnish가 다른 불소바니쉬보다 우치에 잘 부착되어 있어 임상적으로도 치아우식 예방에 효과적일 것으로 사료된다.



다음 실험으로는 치아우식 유발균에 의해 치아가 부식된 상태를 재현하기 위해 Cardoso 등(2014)의 연구처럼 pH순환 시험이나 탈회작업을 하여 우식상태를 재현 한 뒤 불소바니쉬에 의한 재광화 효과를 평가함으로써 초기 우식 상태에서의 불소바니쉬 효과를 평가하는 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 한계 내에서 실험용 로진제제 불소바니쉬가 다른 불소바니쉬보다 시간에 따른 경도 증가를 보였고 EDX 결과에서도 다른 실험군 보다 우치 표면의 불소 함유량이 높아 치아우식증 예방에 효과적인 불소바니쉬로 사용 될 것으로 사료된다.

## V. CONCLUSION

본 연구에서는 불소바니쉬가 오랜 시간 치아에 접촉될 수 있도록 불소바니쉬의 조성을 바꾸어 새롭게 제작한 다음 우치에 적용하여 인공타액에 침지시키고 잇솔질을 하루에 2회 실시하여 시간에 따른 치아표면의 경도 및 치아 표면 성분의 변화를 시판되고 있는 불소바니쉬와 비교분석 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 우치의 비커스 경도를 살펴본 결과 5일과 30일 후 실험용 로진 제제 불소바니쉬가 다른 실험군보다 유의성있게 높은 경도를 보였다( $p < 0.05$ ).
2. 실험용 로진 제제 불소바니쉬를 적용한 우치는 10일 후에도 치아표면에 불소바니쉬가 부착되어 있는 부분이 많이 보였다.
3. EDX를 분석 결과, 1일과 10일 후 실험용 로진 제제 불소바니쉬를 처치한 우치의 불소 함유량이 가장 높았다.

이상의 결과로 실험용 로진제제 불소바니쉬가 다른 불소바니쉬보다 시간에 따른 경도 증가를 보였고 EDX 결과에서도 다른 실험군 보다 우치 표면의 불소 함유량이 높아 치아우식증 예방에 효과적인 불소바니쉬로 사용 될 것으로 사료된다.

## VI. REFERENCES

- Adair SM (1991). Current fluoride therapy in dentistry for children. *Curr Opin Dent* 1:583-591.
- Attin T, Grieme R, Paqué F, Hannig C, Buchalla W, Attin R (2005). Enamel fluoride uptake of a novel water-based fluoride varnish. *Arch Oral Biol* 50:317-322.
- Brudevold F, Naujoks R (1978). Caries-preventive fluoride treatment of the individual. *Caries Res* 12:52-64.
- Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ (2006). Fluoride-containing restorative materials. *International Dental Journal* 56:33-43.
- Cardoso CA, de Castilho AR, Salomão PM, Costa EN, Magalhães AC, Buzalaf MA (2014). Effect of xylitol varnishes on remineralization of artificial enamel caries lesions in vitro. *J Dent* 42:1495-501.
- Delbem AC, Brighenti FL, Oliveira FA, Pessan JP, Buzalaf MA, Sasaki KT (2009). In vitro assessment of an experimental coat applied over fluoride varnishes. *J Appl Oral Sci* 17:280-283.
- Elkassas D, Arafa A (2014). Remineralizing efficacy of different calcium-phosphate and fluoride based delivery vehicles on artificial caries like enamel lesions. *J Dent* 42:466-474.
- Iijima M, Hashimoto M, Kohda N, Nakagaki S, Muguruma T, Endo K, Mizoguchi I (2013). Crystal growth on bioactive glass sputter-coated alumina in artificial saliva. *Dent Mater J* 32:775-780.
- Manarelli MM, Delbem AC, Binhardi TD, Pessan JP (2015). In situ remineralizing effect of fluoride varnishes containing sodium trimetaphosphate. *Clin Oral Investig* 19:2141-2146.
- Ritwik P, Aubel JD, Xu X, Fan Y, Hagan J (2012). Evaluation of short-term fluoride release from fluoride varnishes. *J Clin Pediatr Dent* 36:275-278.
- Rodrigues E, Delbem AC, Pedrini D, de Oliveira MS (2008).



- PHcycling model to verify the efficacy of fluoride-releasing materials in enamel demineralization. *Operative Dentistry* 33:658-665.
- Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K (2013). The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad* 42:179-188.
- Seppä L (2004). fluoride varnishes in caries prevention. *Med Princ Pract* 13:307-311.
- Shen C, Autio-Gold J (2002). Assessing fluoride concentration uniformity and fluoride release from three varnishes. *J Am Dent Assoc* 133:176-182.
- Tewari A, Chawla HS, Utreja A (1990). Comparative evaluation of the role of NaF, APF & Duraphat topical fluoride applications in the prevention of dental caries —a 2,1/2 years study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 8:28-35.