

## 불소 바니쉬가 인공 우식 병소의 발생에 미치는 영향

조난주 · 이상호 · 이난영

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

본 연구의 목적은 법랑질 시편에 수종의 불소 제제를 도포한 후 우식 예방 효과를 광밀도 및 미세경도 측정을 통해 평가하는 것이다. 소의 절치를 이용하여 80개의 법랑질 시편을 제작하고 각 군당 20개씩, 네 군으로 나누었다. I군은 대조군으로서 아무런 처치도 하지 않았고 II군은 acidulated phosphate fluoride(APF) gel(60 seconds taste®, PASCAL, USA)을 4분간 적용한 후 수세하였다. III군은 Fluor Protector®(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)를, IV군은 CavityShield™(Omni Pharmaceuticals, USA)를 1분간 도포하고 증류수에 보관한 뒤 24시간 후 부드러운 모를 가진 칫솔을 이용하여 칫솔질하였다. 각 시편을 인공우식용액에 48시간동안 침잠시켜 인공우식병소를 유발한 후 광밀도를 컴퓨터 영상분석 프로그램으로 분석하고 표면미세경도를 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 광밀도는 APF gel을 도포한 II군에 비해 불소 바니쉬를 도포한 III, IV군이 높았으나( $p < 0.05$ ) III군과 IV군 사이의 유의한 차이는 없었다.
2. 표면미세경도는 IV군, III군, II군, I군의 순으로 높았다( $p < 0.05$ ).
3. CavityShield™를 도포한 IV군과 Fluor Protector®를 도포한 III군은 광밀도에서는 유의한 차이가 없었으나 표면미세경도는 IV군이 III군보다 유의하게 높았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 불소 바니쉬가 APF gel에 비해 법랑질 탈회 억제 효과가 우수한 것으로 나타났다. 임상 적용의 용이성과 안전성을 고려할 때 불소 바니쉬의 사용이 영유아나 장애인에게 유용할 것으로 사료된다.

**주요어** : 불소 바니쉬, Acidulated phosphate fluoride gel, 형광효과, 미세경도

### I. 서 론

불소의 치아우식 예방 효과는 주로 법랑질의 탈회 방지와 탈회된 법랑질의 재광화로 알려져 있으며<sup>1,2)</sup> 불소 농도, pH, 적용 방법에 따라 불소양치, 불소 gel, 불소 바니쉬 등 다양한 불소의 형태가 소개되고 있다<sup>3-6)</sup>. 불소를 이용한 우식 예방법은 전신적 투여와 국소적 투여가 있다. 전신적 투여방법에는 불소 보조제

의 복용, 불화된 상수도수 섭취가 있으며 국소적 투여방법에는 불소양치, 불소치약의 사용, 전문가 불소도포 등이 있다. 국소적 도포법은 크게 전문가가 도포하는 방법과 자가 도포하는 방법으로 대별되는데 Marinho 등<sup>7)</sup>은 불소의 국소적용에 관한 여러 연구들을 조사, 분석하여 가정에서 불소를 사용하는 경우보다 전문가에 의해 도포된 경우 평균 D(M)FT가 10% 낮았다고 보고하여 전문가 불소도포법이 더 효과적임을 주장하였다.

acidulated phosphate fluoride(APF) gel을 이용한 전문가 불소 국소도포는 현재 임상에서 널리 사용되고 있으며 1.23% APF gel의 우식 예방 효과는 많은 연구를 통해 입증되어 왔다<sup>8,9)</sup>.

그러나 불소 국소적용 시 어린이의 경우 불소를 삼키는 것이 문제점으로 지적되고 있는데 삼키는 양은 불소 제제의 물리적

교신저자 : 이 난 영

광주광역시 동구 서석동 375번지

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

Tel: 82-62-220-3860 Fax: 82-62-225-8240

E-mail: nandent@chosun.ac.kr

※ 이 논문은 2007년도 조선대학교 학술연구비의 지원에 의해 연구되었음.

성질, 적용 방법과 사용량 그리고 어린이의 나이에 따라 다르다<sup>10)</sup>. 특히 영유아나 장애인의 경우 도포하는 과정에서 불소 gel을 과도하게 삼킬 가능성이 높아 불소의 부작용에 노출될 가능성이 높다. 실제로 어린이의 경우 1.23% APF gel의 국소도포 시 14~31mg의 불소를 삼킨다는 연구 보고들이 있다<sup>11-13)</sup>. 따라서 불소를 좀 더 안전하고 효과적으로 적용하기 위한 방법의 하나로 불소 바니쉬에 대한 관심이 높아지고 있다.

불소 바니쉬는 1960년대 후반 유럽에서 처음으로 Duraphat® (Colgate-Palmolive, USA)이라는 상품이 개발, 시판된 이래 1970년대 중반 Fluor Protector® (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 등의 2세대 바니쉬들이 개발되었고 최근에는 CavityShield® (Omni Pharmaceuticals, USA) 등 스틱형의 개별 포장된 3세대 바니쉬들이 개발, 시판되고 있다<sup>14)</sup>. 불소 바니쉬는 치아에 부착성이 좋은 천연수지에 불소를 결합시켜 고농도의 불소를 장기간 치아에 접촉시킴으로써 높은 우식 예방 효과를 얻는다고 알려져 있다. 또한 술식이 간단하고 편리하여 환자들이 받아들이기 쉽고 불소를 과도하게 섭취할 위험성이 적을 뿐 아니라 전통적인 불소 gel이나 불소 foam에 비해 시술 시간이 짧은 장점을 지닌다<sup>15)</sup>. 이러한 불소 바니쉬의 치아 우식 예방 효과는 30~70%로 다양하게 보고되고 있으며<sup>16)</sup> 임상 연구를 통해 치아우식증의 초기 증세와 같은 탈회를 예방하고 이미 존재하는 법랑질 병소의 진행을 지연시킨다는 사실이 확인되었다<sup>17-22)</sup>.

불소 바니쉬와 다른 불소 제제의 우식 예방 효과를 비교한 문헌을 보면, Seppa 등<sup>21)</sup>은 12~13세 어린이를 두 군으로 나누어 불소 바니쉬와 APF gel을 연 2회 도포하고 3년간 비교한 결과 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다. Marinho 등<sup>7)</sup>은 어린이와 청소년에서 불소 국소적용의 효과를 확인하기 위해 144개의 관련 논문을 분석하였는데 불소 바니쉬, 불소 gel, 불소 양치, 불소 치약이 각각 40%, 21%, 26%, 24%로 불소 바니쉬가 가

장 높은 우식 예방 효과를 보였다. 이처럼 불소 바니쉬의 효과에 관한 임상 연구는 연구 방법, 대상 그리고 다른 불소 제제와 효과를 비교하는 방법 등에 따라 결과가 상이하다.

이에 본 연구는 법랑질에 불소 바니쉬와 APF gel을 도포한 후 탈회 억제 효과를 광밀도 및 표면미세경도 측정을 통해 평가하고 최근 개발된 스틱형의 3세대 불소 바니쉬인 CavityShield®와 기존에 우리나라에서 사용되고 있는 액상형의 Fluor Protector®의 효과를 비교 평가하고자 한다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

발거된 소의 전치 중 치아우식이 없고, 법랑질 표면이 건전한 치아를 선정하여 시편을 제작하였다. 본 실험에 사용된 불소 제제는 Fluor Protector® (1% difluorosilane/0.1% F, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), CavityShield™ (5% sodium fluoride/2.26% F, Omni Pharmaceuticals, USA)의 두 가지 불소 바니쉬와 APF gel (60 seconds taste® (1.23% APF/1.23% F, PASCAL, USA))을 이용하였다 (Table 1).

### 2. 실험 방법

#### 1) 시편제작

소의 전치 중 법랑질이 건전한 치아를 선정하여 약 1×1cm 넓이의 치아 절편을 제작하고, 제작된 120개의 치아 절편을 순면이 위로 향하도록 아크릴 봉에 포매하였다. 시편을 800에서 4000grit까지 순차적으로 탄화규소 연마지를 사용하여 법랑질 표면이 아크릴 봉의 장축에 대해 직각이 되도록 연마하였다.

**Table 1.** Fluoride products used in this study

Product	Major composition	Manufacturer
60 seconds taste®	1.23% APF / 1.23% F	Pascal company Inc., USA
Fluor Protector®	1% difluorosilane / 0.1% F	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
CavityShield™	5% sodium fluoride / 2.26% F	Omni Pharmaceuticals, USA

**Table 2.** Distribution of samples by method of treatment

Group	Method of treatment	Number	
		Optical density	Surface microhardness
I	No treatment	20	20
II	1.23 % APF gel + washing after 4 min	20	20
III	Fluor Protector® + brushing after 24 hours	20	20
IV	CavityShield™ + brushing after 24 hours	20	20

표면미세경도계(HMV-2, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 100g의 하중을 5초간 가하는 조건으로 시편의 중심부에서 상, 하, 좌, 우측의 4부위를 각각 1mm의 간격으로 VHN (Vicker's Hardness Number)을 측정하고 평균 VHN이 200~300 범위를 갖는 80개의 시편을 선택하였다. 이 시편들을 임의로 20개씩 4개의 군으로 나누었다.

2) 불소 적용 및 인공우식병소 유발

시편에서 5 mm 직경의 범랑질 표면을 제외한 전면에 nail varnish를 도포하였다. I군은 대조군으로서 아무런 처치도 하지 않았고 II군은 APF gel을 면봉으로 도포하고 4분 후에 세척하였다. III군은 Fluor Protector<sup>®</sup>를, IV군은 CavityShield<sup>™</sup>를 각각 도포하고 1분간 건조시킨 후 증류수에 보관하였다. 24시간 후 부드러운 모를 가진 어린이용 칫솔(Oral-B Stages 3, Oral-B laboratories, Belmont, Calif, USA)을 이용하여 III군과 IV군의 시편을 초당 4회의 속도로 20초간 전, 후방으로 칫솔질하였다(Table 2).

각 군의 시편은 인공우식을 유발하기 위해 pH 4.0의 50% 포화 수산화인산칼슘(calcium phosphate-tribasic, Sigma, USA), 0.1M lactic acid(Sigma, USA) 그리고 0.2% Carbopol(#907, BF Goodrich, USA)을 함유한 인공우식용액<sup>23)</sup>에 담귀 48시간 동안 37℃ 항온기에 보관하였다. 표면미세경도 및 광밀도 측정을 위해 표본은 증류수를 이용하여 수세한 후 건조시켰다.

3) 초기우식병소의 광밀도(optical density) 및 미세경도 측정

380~520nm 파장으로 광강도가 1300mW/cm<sup>2</sup>인 플라즈마 광(Flipo<sup>®</sup>, Lokki, France)을 인공적으로 유발한 초기 우식병소의 표면에 조사하였다. 이때 치아에서 산란되는 청색의 광을 차단하고 순수한 형광빛만 관찰하기 위해 오렌지색의 유리필터를 Stereoscope(Olympus SZ61<sup>®</sup>, JAPAN)의 렌즈 전면에 장

착하고 촬영하였다. 촬영된 형광상을 PC로 전송한 후 gray scale로 전환하고 영상분석 프로그램(Image pro plus<sup>®</sup> Express, Media-cybernetics Co., USA)으로 초기 우식 병소 표면의 광밀도를 측정하였다(Fig. 1, 2). 광밀도의 범위는 0~255이며 건전치질의 광밀도는 154~160 범위로 더 밝게 나타났다.

표면미세경도는 시편 처리 전과 동일한 방법으로 48시간 동안 인공우식이 유발된 시편에 대해 재측정하였다.

4) 통계 분석

플라즈마 광을 이용하여 측정된 우식병소의 광밀도에 대한 유의성 검증을 위해 일원분산분석(One-way ANOVA test)과 Tukey post-hoc test를 이용하였다. 각 군의 미세경도 변화는 일원분산분석(One-way ANOVA test)을 사용하여 통계학적 유의성을 검사하고 최소유의차 검증(LSD test)으로 사후검증을 하였다.

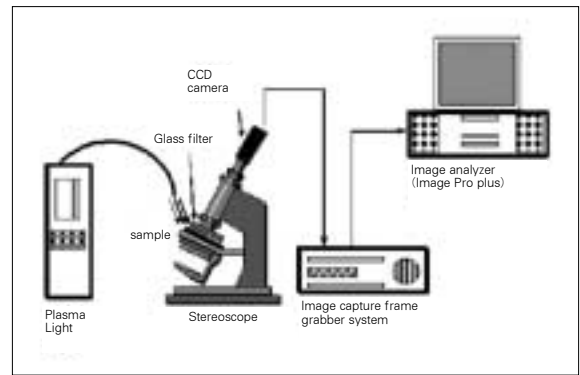


Fig. 1. Measurement of optical density.

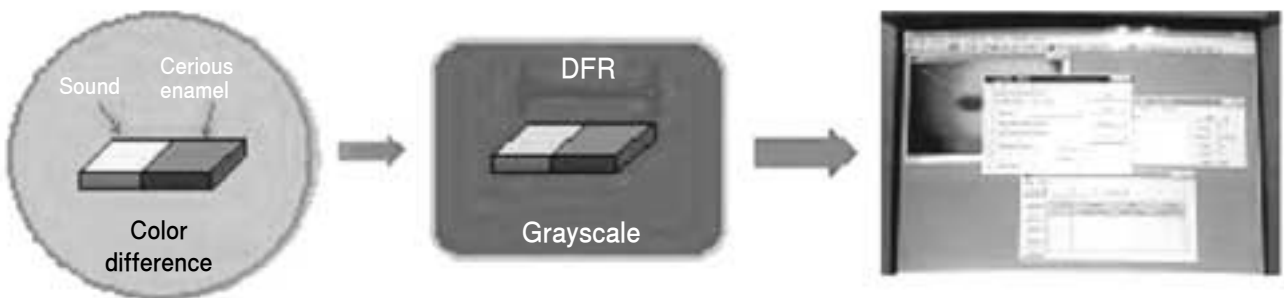


Fig. 2. Flow for measurement of optical density.

### Ⅲ. 실험 성적

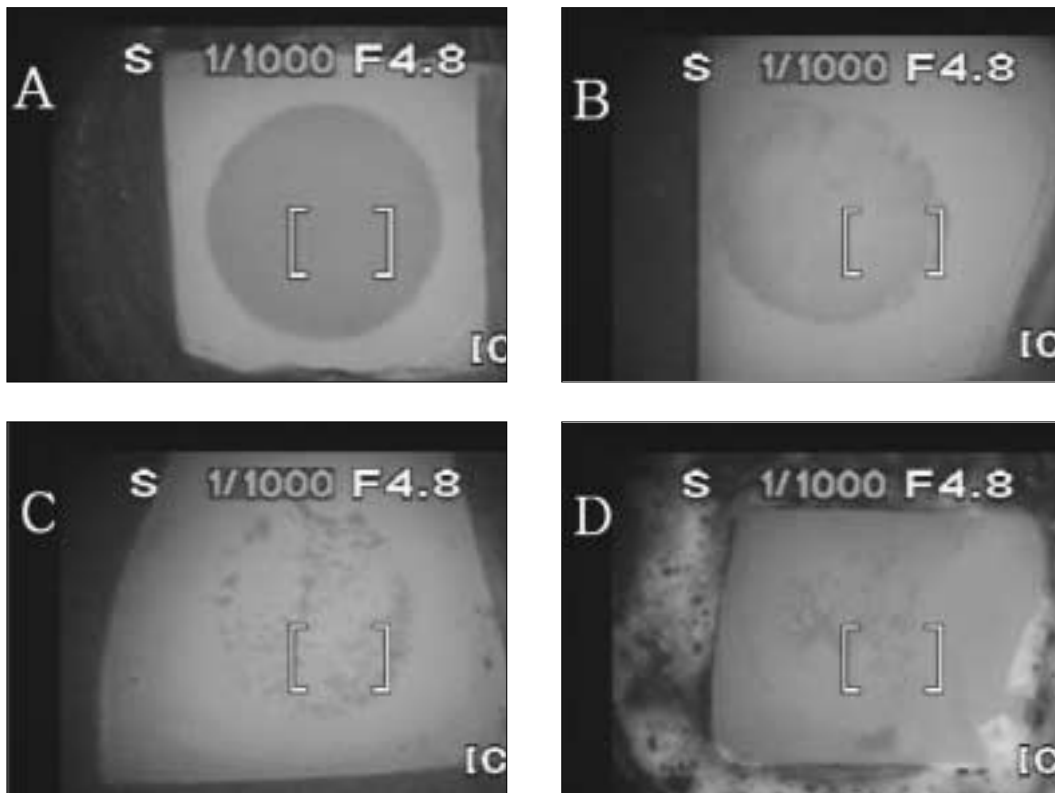
#### 1. 광밀도 측정

Fig. 3은 인공 우식을 유발한 후 플라즈마 광을 조사하고 오렌지색 필터가 부착된 현미경으로 관찰하여 얻은 형광상이다. 대조군에 비해 II, III, IV군의 우식 병소는 밝게 관찰되어 탈회 억제된 것을 알 수 있으며 대조군과 II군은 탈회 양상이 균일한 반면, 불소 바니쉬를 도포한 III, IV군은 불규칙한 탈회 양상을 보였다. 병소표면에서 광밀도의 값은 Table 3과 같다. II, III, IV군은 아무런 처리도 하지 않은 I군에 비해 높은 값을 나타

내었다( $p < 0.05$ ). III군과 IV군은 각각 148.67과 146.97로 139.99인 II군보다 높은 광밀도를 나타내었으나( $p < 0.05$ ) III군과 IV군 사이에 유의한 차이는 없었다.

#### 2. 표면미세경도 측정

시편 처리 전 모든 군의 표면미세경도는 유의성 검증을 통해 차이가 없음을 확인하였다. 우식 유발 후 법랑질 표면미세경도는 Table 4, Fig. 4와 같다. 표면미세경도는 IV군(176.79), III군(121.61), II군(43.62), I군(14.86)의 순으로 높았다



**Fig. 3.** The fluorescence images of specimen after treatment.

A, Control group. B, Application of APF gel. C, Application of Fluor Protector<sup>®</sup>. D, Application of CavityShield<sup>™</sup>.

**Table 3.** Optical densities of artificial caries lesion according to treatment method (Mean±SD)

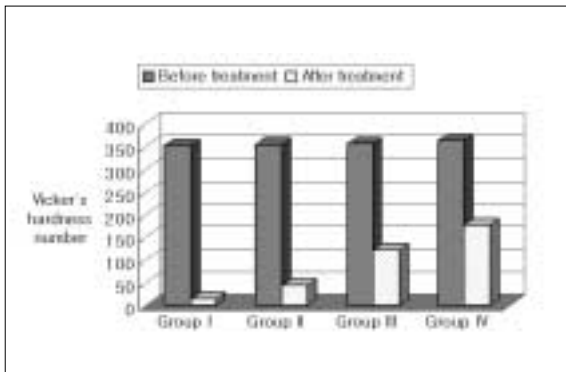
Group	N	Optical density
I Control	20	113.22 ± 10.09 <sup>a</sup>
II APF	20	139.99 ± 10.49 <sup>b</sup>
III Fluor Protector <sup>®</sup>	20	148.67 ± 5.14 <sup>c</sup>
IV CavityShield <sup>™</sup>	20	146.97 ± 6.59 <sup>c</sup>

Different letters(a, b, c) indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Table 4.** Surface microhardness (VHN±SD) of artificial caries lesion according to treatment method

	Group	N	Surface microhardness
I	Control	20	14.86 ± 5.39 <sup>a</sup>
II	APF	20	43.62 ± 19.93 <sup>b</sup>
III	Fluor Protector <sup>®</sup>	20	121.61 ± 43.35 <sup>c</sup>
IV	CavityShield <sup>™</sup>	20	176.79 ± 75.26 <sup>d</sup>

Different letters(a, b, c, d) indicate significant differences (p<0.05).



**Fig. 4.** Comparison of surface microhardness between before and after treatment with demineralization solution.

(p<0.05).

#### IV. 총괄 및 고찰

불소는 치질에 침착되어 치아표면의 경도를 증가시키고 치질의 내산성을 높이거나 탈회된 치질의 재석회화를 촉진함으로써 치아우식증을 예방하는 것으로 알려져 있다<sup>1,2)</sup>. 또한 고농도에서 우식 유발성 세균의 대사 효소를 제한하여 세균의 산 생성과 점착성 다당류의 형성을 억제한다<sup>24)</sup>.

전문가 불소도포에 사용되는 불소 제제는 용액, gel, foam과 바니쉬의 형태가 있다. APF gel은 NaF와 불화수소, 인산이 혼합된 것으로 중성 NaF에 비해 법랑질 내로의 불소침투도와 법랑질 탈회 예방 효과가 우수한 것으로 보고되었다<sup>8)</sup>. APF gel은 현재 임상에서 가장 널리 사용되고 있으며 평균 21%의 치아우식 예방 효과를 보인다<sup>7)</sup>. 하지만 낮은 pH로 인한 신맛으로 국소도포 시 거부감을 줄 수 있고 gel을 과도하게 삼키거나 구강 내 잔류된 불소를 섭취할 위험이 있다. 또한 인산과 불화수소에 의해 복합레진이나 포셀린 표면의 거칠기를 증가시키는 단점이 있다<sup>25,26)</sup>.

불소 바니쉬는 치아를 점착성의 막으로 덮어 고농도의 불소를 장시간 치아와 접촉시킴으로써 많은 불소를 침착시킨다. 또한 도포하기가 쉽고 역겨운 맛이 없으며 불소 gel을 사용하는 경우보다 아주 적은 양을 사용하는 장점이 있다. 최초의 불소

바니쉬는 Duraphat<sup>®</sup>으로 1964년 Schmidt에 의해 소개되었다. Duraphat<sup>®</sup>은 neutral colophonium base에 5% NaF로 구성되며 ml당 22.6mg의 불소를 함유한다. 10ml 튜브에 포장되어 있고 1회 사용량은 약 0.3~0.5ml가 적당하다. Fluor Protector<sup>®</sup>은 polyurethane base에 1% difluorosilane으로 구성되며 ml당 1 mg의 불소를 함유하고 있다. Duraphat<sup>®</sup>보다 pH가 낮으며 갈색 유리병에 0.4ml씩 포장되어 있다. 최근 개발된 CavityShield<sup>™</sup>는 natural resin base에 5% NaF로 구성되며 ml당 22.6mg의 불소를 함유한다. 1회용 용기에 담겨져 있어 위생적이고 1회 사용량이 정해져 불소의 과잉 사용이나 과잉 섭취의 가능성을 줄여준다. 또한 tube형에서 NaF가 용기 바닥에 가라앉아 도포 시마다 함유된 불소량이 달라지는 단점을 보완할 수 있으며 자일리톨을 첨가하여 Fluor Protector<sup>®</sup>보다 맛과 향이 좋아 환자들이 쉽게 받아들일 수 있다.

전문가 불소도포 시 사용하는 불소 제제는 고농도의 불소를 함유하므로 도포 시 과잉의 불소를 적용하거나 환자가 불소를 삼키지 않도록 주의해야 한다. 20kg의 어린이에서 전신적 독성을 나타낼 수 있는 불소 농도는 약 100mg이다<sup>16)</sup>. 혼합치열기용 CavityShield<sup>™</sup>(0.4ml)를 1회 도포할 경우 불소의 함량은 9.04mg으로 이보다 낮다. Ekstrand 등<sup>27)</sup>은 Duraphat<sup>®</sup>을 4세, 5세, 12세, 14세의 어린이 4명에게 적용한 후 혈장 내 불소 농도를 측정하였다. 이 때 도포된 바니쉬의 양은 2.3~5.0mg이었다. 혈장 내 최고 농도는 2시간 내 3.2~6.3µmol/L였으며 이후 2시간 동안 빠르게 감소하였다. 이는 불소 치약(3.63±0.45µmol/L)이나 1mg F-정제(4.47±0.47µmol/L)와 비슷한 수준이며 APF gel(16~76µmol/L)에 비해서는 현저히 낮은 수치이다. 따라서 APF gel과 불소 바니쉬 모두 독성 용량 이하지만 불소 바니쉬가 상대적으로 안전하다는 것을 말한다.

불소 도포에 소요되는 시간에 관해서 Seppa 등<sup>21)</sup>은 APF gel은 약 6분, 불소 바니쉬는 약 2분이 소요되었다고 하였다. Hawkins 등<sup>28)</sup>은 3~15세 어린이 256명에게 불소 foam과 불소 바니쉬를 도포하고 연령에 따른 각각의 소요시간과 불편감을 조사하였다. 그 결과 불소 바니쉬가 평균 5.81분으로 평균 7.86분이 소요된 불소 foam에 비해 시술시간이 더 짧았고 도포시 구역질과 고통스러움 또한 불소 바니쉬가 불소 foam에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 차이는 연령이 낮을

수록 현저하여 행동조절이 어려운 어린이일수록 불소 바니쉬의 도포가 유리할 것으로 생각된다.

불소 바니쉬의 우식 예방 효과는 많은 임상 연구를 통해 나타났다. Peyron 등<sup>29)</sup>은 3~6세 아동의 유치열에서 인접면 우식의 진행과 불소 바니쉬의 효과를 연구하였다. 불소 바니쉬를 연 2회 도포한 결과 불소 바니쉬군에서는 법랑질 병소의 51.2%가 진행되었으나 대조군에서는 병소의 82.8%가 진행되어 불소 바니쉬의 우식 방지 효과를 보고한 바 있다. Twetman과 Petersson<sup>30)</sup>은 4~5세 아동의 우식 발생에 대한 불소 바니쉬의 효과를 세계보건기구(WHO)의 기준에 따라 연구하고 유치열에서 fluoride-silane 바니쉬의 우식 방지 효과를 관찰하였다. Frosrell 등<sup>31)</sup>도 4세 아동의 유치열에서 연 2회 불소 바니쉬 적용의 효과를 연구하고 우식 발생이 30% 감소함을 관찰하였다.

불소에 의한 우식 예방에 있어 소량의 불소가 구강 내에 항상 존재하는 것이 중요하다. 특히 치면세균막과 타액 내에 존재하는 불소는 구강 내에 산이 형성되어 산도가 낮아지면 법랑질의 재광화 과정에 참여한다<sup>32)</sup>. Twetman 등<sup>33)</sup>은 3종류의 불소 바니쉬를 도포한 후 타액 내 불소 농도를 측정하였는데 1시간 후 Bifluorid<sup>®</sup>(6% F)와 Duraphat<sup>®</sup>(2.26% F)을 도포한 군은 불소 농도가 증가하였으나 Fluor Protector<sup>®</sup>(0.1% F)는 유의하게 증가하지 않았다. Skold-Larsson 등<sup>34)</sup>은 위와 동일한 불소 바니쉬를 도포하고 치태 내 불소농도를 측정하였다. Bifluorid<sup>®</sup>(6% F)을 도포한 군은 3일과 7일 후에, Duraphat<sup>®</sup>(2.26% F)을 도포한 군은 3일 후 불소농도가 유의하게 높았으나 Fluor Protector<sup>®</sup>(0.1% F)는 유의하게 증가하지 않았다. 두 연구에 따르면 불소 바니쉬의 농도가 증가할수록 타액과 치면세균막 내 불소 농도가 증가함을 보여준다.

고정식 교정장치 환자의 경우 교정용 브라켓과 밴드 주위에 법랑질 탈회 발생하기 쉽다. 이를 예방하기 위해 불소 바니쉬를 도포한 결과 Todd 등<sup>17)</sup>은 in vitro 실험에서 대조군에 비해 50%의 탈회 감소를 관찰하였다. Hu와 Featherstone<sup>35)</sup>은 혈면에 광중합형 filled/unfilled sealant와 CavityShield<sup>™</sup>을 도포한 후 pH 순환모델을 이용하여 탈회 정도를 살펴보았는데 filled sealant를 적용한 경우가 가장 낮은 탈회 정도를 보였으며 그 다음은 CavityShield<sup>™</sup>군으로 30%의 탈회 방지 효과를 나타냈다.

불소 제재 도포 후 초기 우식 법랑질의 우식 정도를 평가하기 위해 본 연구에서는 표면미세경도 및 플라즈마 광을 이용하여 우식 표면의 광밀도를 측정하였다. QLF(Quantitative laser/light-induced fluorescence)는 가시광선 레이저를 치면에 조사할 경우 정상 치질과 우식 치질의 광학적 특성 차이에 의해 형광이 발생된다는 이론에 근거하여 초기 우식 병소의 진단에 이용되고 있다<sup>36,37)</sup>. 최근 일반 호형(arc) 램프도 푸른색 계통의 빛만 투과시키는 대역(band) 필터를 사용할 경우 형광 현상을 유발할 수 있으며 microradiography와 높은 상관관계를 보이는 것으로 알려졌다<sup>38,39)</sup>. 본 연구에서는 380~520nm 파장으로 광강도가 1300mW/cm<sup>2</sup>인 플라즈마 광을 사용하였는데

이와 같은 curing unit은 고가의 레이저 장비 대신 진료실에서 손쉽게 사용 가능하고 운반이 용이한 장점을 지닌다. 이 등<sup>40)</sup>의 연구에 따르면 레이저 형광법의 치아우식 진단감도를 증진시키기 위해 다양한 색상의 유리필터를 사용한 결과 오렌지색(540~560nm) 필터가 우식 병소의 깊이와 가장 높은 상관관계를 보였다. 따라서 본 실험에서도 오렌지색 유리필터를 사용하여 치아우식의 진단감도를 증진시키고자 하였다.

표면미세경도 측정법은 법랑질에서의 광물질의 변화를 측정하는 방법 중 하나로 보통 일정하게 가해진 하중에 대한 표면의 압입에 대한 표면적의 변화로 표시된다<sup>41)</sup>. Arends 등<sup>42)</sup>은 병소의 깊이는 미세경도 측정기의 압흔의 대각선 길이에 비례한다고 보고하여 본 실험에서 Vicker's 경도 측정법을 사용하였다.

본 연구에서는 시편 자체의 기본적인 조건을 동일하게 하기 위해 법랑질의 경도가 균일한 것으로 알려진 소의 영구 절치를 사용하였으며 실험 전 표면경도를 측정하여 평균 VHN이 200~300범위인 시편만을 이용하였다. 각 군의 실험 전 표면미세경도는 통계학적 유의차가 없었다.

본 연구에서 플라즈마 광을 이용하여 광밀도를 측정한 결과 불소 제재를 도포한 II, III, IV군은 대조군인 I군에 비해 높은 값을 나타내어(p<0.05) 법랑질 탈회 억제 효과가 나타난 것을 확인할 수 있었다. APF gel을 도포한 II군에 비해 불소 바니쉬를 도포한 III군과 IV군은 높은 광밀도를 나타내었으나(p<0.05) III군과 IV군은 유의한 차이를 보이지 않았다. 표면미세경도 측정에서는 표면미세경도가 IV군, III군, II군, I군의 순으로 높았다(p<0.05). 따라서 광밀도 및 표면미세경도 측정 모두 APF gel에 비해 불소 바니쉬가 유의하게 높은 값을 보여 더 우수한 탈회 억제 효과를 나타내었다. 불소 바니쉬군 비교에서는 Fluor Protector<sup>®</sup>를 도포한 III군과 CavityShield<sup>™</sup>를 도포한 IV군은 광밀도 측정 시 유의한 차이가 없었으나 표면미세경도는 IV군이 III군보다 유의하게 높았다.

이 연구결과는 김 등<sup>43)</sup>의 연구에서 생체 외에서 재광화/탈회 순환을 시행한지 5일과 15일 후, 대조군에 비해 Fluor Protector<sup>®</sup>와 APF gel을 도포한 군의 미세경도가 유의하게 높은 결과를 보인 것과 비슷하다. 하지만 김 등<sup>43)</sup>의 연구결과는 Fluor Protector<sup>®</sup>와 APF gel군 사이에 미세경도의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 본 연구에서는 APF gel보다 Fluor Protector<sup>®</sup>와 CavityShield<sup>™</sup>군의 미세경도가 높았다(p<0.05). 이는 APF gel의 경우 건전한 법랑질보다는 초기 우식 법랑질 표면에서 침투도가 더 높은 것으로 알려져 있는데<sup>9)</sup> 김 등<sup>43)</sup>의 연구에서는 초기 인공 우식 병소를 유발한 후 APF gel을 도포하였으나 본 실험에서는 건전한 법랑질 시편에 불소를 도포하였기 때문에 APF gel군의 불소 침착이 상대적으로 적었을 것으로 생각된다. 또한 김 등<sup>43)</sup>의 연구에서는 Fluor Protector<sup>®</sup> 도포 후 1시간 뒤 scalpel을 이용하여 바니쉬를 제거하였으나 본 연구에서는 불소 바니쉬를 도포하고 증류수에 보관한 뒤 24시간 후 통상적인 기계적 마모를 자극하기 위해 부드러운 칫솔을 이용하여 brushing하였기 때문에 잔존한 불

소 바니쉬가 많았을 것으로 예상할 수 있다. Brushing 후에 잔존하는 불소 바니쉬는 법랑질 표면에 남아있는 한 불소 이온을 제공하여 법랑질 표면에 불화인회석을 형성할 기회를 줄 수 있기 때문이다<sup>44)</sup>. Schmit 등<sup>5)</sup>과 Todd 등<sup>17)</sup>의 연구에서도 불소 바니쉬(Duraflor<sup>®</sup>) 도포 후 칫솔을 이용하여 brushing하였고 각각 35%와 50%의 탈회 감소 효과를 보였다. 그러나 구강 내에서는 음식물의 저작이나 타액의 자정작용 등에 의해 더 많은 바니쉬의 소실이 예상되므로 이러한 임상상황을 재현할 수 있는 실험모델의 설정이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 미세경도 측정시 CavityShield<sup>™</sup>군이 Fluor Protector<sup>®</sup>군보다 유의하게 높은 미세경도를 보여 탈회 억제 효과가 우수한 것 나타났지만 이러한 차이는 광밀도 측정 시에는 나타나지 않았다. 이러한 실험 결과는 광밀도 측정 시에는 탈회된 치면 전체의 평균을 구하지만 표면미세경도 측정 시에는 시편 중앙부 4곳의 평균을 구하므로 시편 전체의 탈회 상황을 반영하지 못한 것으로 생각할 수 있다. 또한 Fluor Protector<sup>®</sup>는 0.1%의 저농도 불소를 함유하지만 도포 후 지속적으로 불소를 유리하는 것으로 알려져 있으며<sup>33,34)</sup> CavityShield<sup>™</sup>보다 산성을 띄어 법랑질 내로 깊이 침투하는 것으로 생각된다. 이로 인해 2.26%의 고농도 불소를 함유하는 CavityShield<sup>™</sup>와 비견되는 탈회 억제 효과를 나타낸 것으로 추측할 수 있으나 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

표면미세경도 측정은 법랑질 표면의 광물질 변화를 알아보는 데 유용하지만 깊은 우식 병소에서는 재광화 과정을 평가할 때 표면경도의 측정만으로 양적인 평가를 할 수 없다. 경도의 평가는 성분이 일정한 재료에서 가능한 반면, 우식의 표면하 탈회 및 재광화 과정은 광물질 소실과 이질적이기 때문이다<sup>45)</sup>. 한편 QLF 형광법을 이용한 광밀도 측정은 TMR(Transverse micrography)을 이용한 광물질 소실을 및 우식 깊이와 유의한 상관관계를 가진다<sup>46)</sup>. 따라서 광밀도 및 표면미세경도 측정 결과를 분석해 보면, CavityShield<sup>™</sup>보다 Fluor Protector<sup>®</sup>에서 우식 병소의 표층 광물질 변화가 많이 일어났지만 전반적인 광물질 소실량은 두 가지 바니쉬가 비슷한 것으로 예상할 수 있다. 그러나 광물질 소실량의 측정을 위해서는 microradiography나 longitudinal microhardness 측정 등의 방법이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

표면미세경도 측정 결과 APF gel에 비해 불소 바니쉬 군에서 표준편차가 크게 나타났는데 이는 불소 바니쉬 군의 불규칙적인 탈회가 원인으로 생각된다. APF gel의 경우 도포 후 법랑질 표면은 높은 불소 농도를 유지하지만 곧 쉽게 씻겨져 제거되는데<sup>47)</sup> 반해 불소 바니쉬는 점착성의 막이 치면을 덮어 실험실에서 탈회시키고 초음파 처리를 한 후에도 몇 시간동안 법랑질 표면에 island 형태로 잔존하게 된다<sup>48)</sup>. 이로 인해 불소 바니쉬가 남아있는 부분과 제거된 부분의 법랑질 탈회 정도의 차이가 발생하여 표면미세경도에 영향을 미친 것으로 생각된다.

불소 바니쉬가 다른 불소 제제의 도포만큼 우식 예방 및 감소에 효과적이라는 임상 연구는 많다. 본 연구에서는 불소 바니쉬

가 APF gel에 비해 법랑질 치아 우식 예방 효과가 우수한 것으로 나타났다. 불소 바니쉬 간의 비교에서는 CavityShield<sup>™</sup>가 Fluor Protector<sup>®</sup>보다 표층 법랑질의 탈회 억제 효과가 우수한 것으로 나타났으나 이를 뒷받침하기 위한 실험실 및 임상 연구가 추가적으로 필요하다. 또한 불소 바니쉬 도포 후 우식 예방 및 초기 우식 병소의 재광화 효과를 확인하고 이를 환자와 보호자에게 교육할 수 있는 정확하고 간단한 진단장비의 개발이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

이 연구의 목적은 법랑질 시편에 수증의 불소 제제를 도포한 후 우식 예방 효과를 광밀도 및 미세경도 측정을 통해 평가하는 것이다. 소의 절치를 인공우식용액에 48시간동안 침잠시켜 인공우식병소를 유발한 후 광밀도를 컴퓨터 영상분석 프로그램으로 분석하고 표면미세경도 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 광밀도는 APF gel을 도포한 II군에 비해 불소 바니쉬를 도포한 III, IV군이 높았으나(p<0.05) III군과 IV군 사이의 유의한 차이는 없었다.
2. 표면미세경도는 IV군, III군, II군, I군의 순으로 높았다 (p<0.05).
3. CavityShield<sup>™</sup>를 도포한 IV군과 Fluor Protector<sup>®</sup>를 도포한 III군은 광밀도에서는 유의한 차이가 없었으나 표면미세경도는 IV군이 III군보다 유의하게 높았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 불소 바니쉬가 APF gel에 비해 법랑질 탈회 억제 효과가 우수한 것으로 나타났다. 임상 적용의 용이성과 안전성을 고려할 때 불소 바니쉬의 사용이 영유아나 장애인에게 유용할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Margolis HC, Moreno EC : Physicochemical perspectives on the cariostatic mechanisms of systemic and topical fluorides. J Dent Res, 69(Spec):606-613, 1990.
2. Ten Cate JM : In vitro studies on effects of fluoride on de- and remineralization. J Dent Res, 69 (Spec):614-619, 1990.
3. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, et al. : Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 101:403-407, 1992.
4. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, et al. : The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 93:29-37, 1988.
5. Schmit JL, Staley RN, Wefel JS, et al. : Effect of

- fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 122:125-123, 2002.
6. Vieira AE, Delbem AC, Sasaki KT, et al. : Fluoride dose response in pH-cycling models using bovine enamel. *Caries Res*, 39:514-520, 2005.
  7. Marinho VC, Higgins JP, Logan S, et al. : Topical fluoride (toothpastes, mouth rinses, gels or varnishes) for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 4:CD002782, 2003.
  8. Delbem AC, Cury JA : Effect of application time of APF and NaF gels on microhardness and fluoride uptake of in vitro enamel caries. *Am J Dent*, 15:169-172, 2002.
  9. Cobb BH, Roizer GR, Bawden JW : A clinical study of the caries preventive effects of APF solution and APF thixotropic gel. *Pediatr Dent*, 2:263-266, 1980.
  10. Adair SM : Current fluoride therapy in dentistry for children. *Curr Opin Dent*, 1:583-591, 1991.
  11. LeCompte EJ, Whitford GM : The biologic availability of fluoride from alginate impressions and APF gel applications in children. *J Dent Res*, 60:776-780, 1981.
  12. Ekstrand J, Koch G, Lindgren LE, et al. : Pharmacokinetics of fluoride gels in children and adults. *Caries Res*, 15:213-220, 1981.
  13. Whitford GM : Fluoride in dental products: safety considerations. *J Dent Res*, 66:1056-1060, 1987.
  14. Bawden JW : Fluoride varnish: a useful new tool for public health dentistry. *J Public Health Dent*, 58:266-269, 1998.
  15. Ogard B, Seppa L, Rolla G : Professional topical fluoride applications—clinical efficacy and mechanism of action. *Adv Dent Res*, 8:190-201, 1994.
  16. Vaikuntam J : Fluoride varnishes: should we be using them?. *Pediatr Dent*, 22:513-516, 2000.
  17. Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, et al. : Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 116:159-167, 1999.
  18. Koch G, Petersson LG : Caries preventive effect of a fluoride-containing varnish (Duraphat) after 1 year's study. *Community Dent Oral Epidemiol*, 3:262-266, 1975.
  19. de Bruyn H, Arends J : Fluoride varnishes—a review. *J Biol Buccale*, 15:71-82, 1987.
  20. Helfenstein U, Steiner M : Fluoride varnishes (Duraphat): a meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*, 22:1-5, 1994.
  21. Seppa L, Leppanen T, Hausen H : Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: a 3-year clinical trial. *Caries Res*, 29:327-330, 1995.
  22. Holm AK : Effect of a fluoride varnish (Duraphat) in preschool children. *Community Dent Oral Epidemiol*, 7:241-245, 1979.
  23. 홍석진, 손재범, 박근형 : 생약추출물이 초기우식법랑질의 재광화에 미치는 효과. *대한구강보건의학회지*, 27:237-248, 2003.
  24. Guha-Chowhury N, Clark AG, Sissons CH : Inhibition of purified enolases from oral bacteria by fluoride. *Oral Microbiol Immunol*, 12:91-97, 1997.
  25. 육근영, 최남기, 양규호 등 : 복합레진 표면에 대한 APF gel의 영향. *대한소아치과학회지*, 33:43-52, 2006.
  26. Kula K, Kula TJ : The effect of topical APF foam and other fluorides on veneer porcelain surfaces. *Pediatr Dent*, 17:356-361, 1995.
  27. Ekstrand J, Koch G, Perersson LG : Plasma fluoride concentration and urinary fluoride excretion in children following application of the fluoride-containing varnish Duraphat. *Caries Res*, 14:185-189, 1980.
  28. Hawkins R, Noble J, Locker D, et al. : A comparison of the costs and patient acceptability of professionally applied topical fluoride foam and varnish. *J Public Health Dent*, 64:106-110, 2004.
  29. Peyron M, Matsson L, Birkhed D : Progression of approximal caries in primary molars and the effect of Duraphat treatment. *Scand J Dent Res*, 100:314-318, 1992.
  30. Twetman S, Petersson LG : Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. *Eur J Oral Sci*, 104:523-528, 1996.
  31. Frosrell G, Birkhed D, Edwardsson S, et al. : Effect of partial substitution of invert sugar for sucrose in combination with Duraphat treatment on caries development in preschool children: the Malmo Study. *Caries Res*, 25:304-310, 1991.
  32. Lammers PC, Borggreven JM, Driessens FC : Influence of fluoride and pH on in vitro remineralization of bovine enamel. *Caries Res*, 26:8-13, 1992.
  33. Twetman S, Skold-Larsson K, Modeer T : Fluoride concentration in whole saliva and separate gland secretions after topical treatment with three different fluoride varnishes. *Acta Odontol Scand*, 57:263-266,



- 1999.
34. Skold-Larsson K, Modeer T, Twetman S : Fluoride concentration in plaque in adolescents after topical application of different fluoride varnishes. *Clin Oral Investig*, 4:31-34, 2000.
  35. Hu W, Featherstone JD : Prevention of enamel demineralization: an in-vitro study using light-cured filled sealant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 128:592-600, 2005.
  36. Bjekhagen H, Sundstrom F, Angmar-Mansson B, et al. : Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J*, 6:1-7, 1982.
  37. Ferreira Zandona AG, Analoui M, Schemehorn BR, et al. : Laser fluorescence detection of demineralization in artificial occlusal fissure. *Caries Res*, 32:31-40, 1998.
  38. Lagerweij M, van der Veen M, Ando M, et al. : The validity and repeatability of three light-induced fluorescence system: An in vitro study. *Caries Res*, 33:220-226, 1999.
  39. Gmur R, Giertsen E, van der Veen MH, et al. : In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. *Clin Oral Investig*, 10:187-195, 2006.
  40. 이상호, 박종휘, 국중기 등 : 레이저 형광법의 치아우식증 진단감도를 증진시키기 위한 필터링 시스템 개발. *대한소아치과학회지*, 30:189-195, 2003.
  41. 김소라, 홍석진, 노병덕 등 : pH 순환 모델에서 과포화 용액의 초기 우식 범랑질에 대한 재광화 효과. *대한치과보존학회지*, 26:241-349, 2001.
  42. Arends J, Schuthof J, Jongebloed WG : Lesion depth and microhardness indentations on artificial white spot lesions. *Caries Res*, 14:190-195, 1980.
  43. 김광현, 한세현, 김종철 : Fluoride varnish와 acidulated phosphate fluoride gel이 인공우식 병소에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 28:159-165, 2001.
  44. Beltran-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA : Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc*, 131:589-596, 2000.
  45. Featherstone JD, ten Cate JM, Shariati M, et al. : Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res*, 17:385-391, 1983.
  46. Ando M, Hall AF, Eckert GJ, et al. : Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss in vitro. *Caries Res*, 31:125-131, 1997.
  47. Arends J, Schuthof J : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing-an in vitro study. *Caries Res*, 9:363-372, 1975.
  48. Sorvari R, Meurman JH, Alakuijala P, et al. : Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion in vitro. *Caries Res*, 28:227-232, 1994.

## Abstract

### EFFECT OF FLUORIDE VARNISH ON DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL CARIES

Nan-Ju Cho, Sang-Ho Lee, Nan-Young Lee

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*

The purpose of this study was to evaluate the effect of fluoride varnish on prevention of enamel demineralization. Eighty bovine enamel blocks were divided randomly into 4 groups of 20 specimens: Group I served as the control with no topical application of fluoride. Group II was treated with APF gel for 4 minutes. Group III was treated with Fluor Protector<sup>®</sup>. Group IV was treated with CavityShield<sup>™</sup>. After 24 hours of treatment, samples were brushed with a soft bristled tooth brush to stimulate normal mechanical wear of varnish. Early caries lesions were produced by placing each specimen into demineralization solution at pH 4.0 for 48 hours. Then the optical density of the lesions was measured by light fluorescence induced by plasma light and the surface microhardness were measured by the vicker's hardness test.

The results were as follows:

1. The optical densities of group III, IV were significantly higher than that of group II, but no significant difference was noted between group III and IV.
2. The surface microhardness of group IV was the highest, followed by group III, II, and I( $p < 0.05$ ).
3. There were no significant differences between group III and IV in optical density. However, the surface microhardness of group IV was significantly higher than that of group III.

The results of present study indicate that the fluoride varnish is more effective than APF gel for prevention of dental caries.

**Key words** : Fluoride varnish, Acidulated phosphate fluoride gel, Light fluorescence, Microhardness