

## 불소바니쉬가 법랑질 탈회에 미치는 영향

윤명옥 · 이난영 · 이상호

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

### 국문초록

이 연구의 목적은 법랑질 탈회부위에 불소 바니쉬 적용의 효과를 평가하는 것이다. 80개의 소의 법랑질 블록을 무작위로 4군으로 나누었다. 1군은 대조군으로 바니쉬 적용을 하지 않았다. 2군은 APF gel을 도포하고 4분후에 세척하였다. 3군과 4군은 Fluor Protector<sup>®</sup>와 CavityShield<sup>™</sup>를 도포하고 1분 후에 세척하였다. 모든 표본을 인공우식용액 속에 넣어서 탈회시켰다. 가시광선 형광을 이용해 병소의 광밀도를 측정하고 병소의 깊이를 현미경으로 측정하고 통계적으로 비교하였다.

1. 48시간 후 광밀도 측정시 2군 광밀도는 대조군에 비해서 높았으나 바니쉬군보다 낮았고, 두 가지 바니쉬 간에 유의한 차이는 없었다.
2. 72시간 후 광밀도 측정결과 3군에서만 약간의 광밀도 감소가 관찰되고, 4군이 가장 높았다.
3. 72시간의 탈회 후 병소의 깊이를 측정한 결과 대조군에서는 평균  $205.36 \pm 42.85 \mu\text{m}$ , 2군에서 병소의 평균깊이는  $210.81 \pm 44.60 \mu\text{m}$ 로 두 군간에 유의한 차이는 없었다.
4. 불소 바니쉬군의 병소 깊이는 3군이  $80.03 \pm 21.66 \mu\text{m}$ , 4군이  $77.46 \pm 27.72 \mu\text{m}$ 로 대조군이나 2군에 비해 탈회가 억제되었음을 알 수 있었으나 두 가지 바니쉬 사이에 차이가 없었다.

**주요어** : 불소 바니쉬, APF gel, 법랑질 탈회, 가시광선 형광

### I. 서 론

국소적 불소도포법은 1943년 Knuston과 Armstrong<sup>1)</sup>에 의해 NaF 국소도포법이 소개된 이래로 오늘날에 이르기 까지 치아우식 예방을 위해 널리 사용되어 왔다. 불소의 우식 예방기전은 명확하게 밝혀지지 않았으나 일반적으로 치아표면에 침착된 불소가 법랑질의 산에 대한 용해도를 낮추어 치면세균막에서 형성된 산에 의한 탈회를 억제하고 법랑질 초기 우식병소의 재광화를 촉진시키며 미생물의 성장을 억제하는 것으로 알려져 있다<sup>2,3)</sup>.

초기의 국소도포용 불소는 SnF<sub>2</sub>용액이나 NaF gel의 수용성 제제로 사용되었다. 그러나 SnF<sub>2</sub>는 치아에 착색을 일으키고 좋지 않은 맛으로 인한 불편감이 존재하여 점차 사용하지 않게

되었고 NaF를 인산으로 산성화시킨 APF gel이 개발되었다<sup>4)</sup>. APF gel은 중성인 NaF에 비해 법랑질 내로의 불소흡수효과가 우수한 것으로 인정받고 있으며 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 국소도포용 불소제제이다<sup>5,6)</sup>. 그러나 이러한 APF gel은 수용성으로 치질과 접촉시간이 짧아 그 효과가 지속적이지 못하다는 단점이 있으며 4분간의 도포기간 동안 섭취되는 불소로 인한 일시적인 오심과 구토 등의 불편감 뿐 아니라 전신적 독성의 가능성이 존재하며 이외에도 산성인 APF gel이 구강 내에 존재하는 글래스아이오노머나 복합레진과 같은 심미수복재 표면의 거칠기를 증가시켜 심미성에 영향을 미친다는 보고들도 있다<sup>7,8)</sup>.

따라서 이에 대한 대안으로 비수용성인 불소 바니쉬의 사용이 제시되었다. 불소 바니쉬는 70년대부터 개발되기 시작하여

교신저자 : 이 상 호

광주광역시 동구 서석동 375번지 / 조선대학교 치과대학 소아치과학교실 / Tel: 062-220-3860 / E-mail: shclee@chosun.ac.kr

원고접수일: 2007년 12월 10일 / 원고최종수정일: 2008년 7월 4일 / 원고채택일: 2008년 7월 16일

※ 이 논문은 2008년도 조선대학교 학술연구비의 지원에 의해 연구되었음.

현재 유럽의 여러 국가에서 활발하게 사용되고 있는 제재로 치질에 접촉되는 시간이 길어 더 많은 불소를 침착시킬 수 있다는 것을 주요한 장점으로 들 수 있다<sup>9)</sup>. 바니쉬에 사용되는 불소는 주로 NaF이며 그 외 비활동성 원료로는 Saccharin이나 Xylitol과 같은 인공감미료, beeswax, 겔형의 구조를 만들기 위한 ethanol, 바니쉬가 타액에 용해되는 것을 막고 단단한 표면을 만들어주는 shellac과 mastic, 그리고 유동성을 조절하기 위한 Kolophonium 등이 첨가된다<sup>10,11)</sup>. 현재 세계적으로 시판되고 있는 불소 바니쉬로는 Duraphat<sup>®</sup> (Colgate-Palmolive, USA), Fluor protector<sup>®</sup>(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), Duraflor<sup>®</sup>(Pharma Science, Canada), CavityShield<sup>™</sup> (OMNII Oral Parmaceuticals, USA), Bifluoride<sup>®</sup> 12(Voco, Germany), Carex(Voss, Norway)가 있는데 국내에서는 1% difluorsilane 제재인 Fluor Protector<sup>®</sup>와 5% sodium fluoride 제재인 CavityShield<sup>™</sup> 가 시판되고 있다.

기존에 사용되어 온 gel이나 rinse형 불소에 비해 바니쉬형은 도포 후 즉각적으로 소실되지 않고 치질에 긴 시간 남아있으면서 서서히 불소를 유리할 뿐 아니라 빠르고 쉽게 도포할 수 있으며 경화가 빨라 chair time을 줄일 수 있으며 삼키는 양도 적다<sup>12,13)</sup>. 이와 같은 임상적 편이성은 매우 어린 환자라든가 장애아, 행동조절이 어려운 환자에서 특별히 유용할 것으로 생각된다. 그러나 이러한 불소 바니쉬의 국내사용은 아직 초기단계이며 이에 대한 연구도 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 다른 농도와 물리적 성상을 지닌 두 종류의 바니쉬가 법랑질의 탈회과정에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며 이를 기존에 사용되어온 APF gel의 효과와 비교해보았다.

법랑질의 탈회정도를 측정하는 방법으로는 미세경도측정이나 절단하여 현미경으로 관찰하는 침습적인 방법과 laser fluorescence나 microradiography, micro CT 촬영 등 비침습적인 방법이 있는데<sup>14-17)</sup>, 이러한 측정방법에 따른 편차도 존재할 수 있을 것으로 생각되어 본 연구에서는 가시광선을 이용한 fluorescence(형광)법을 통한 광밀도측정과 절단하여 현미경하에서 병소의 깊이를 측정하는 두 가지 방법을 사용하여 탈회정도를 측정하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

발거된 소의 전치 중 우식이 없고 법랑질 표면이 건전한 치아를 선정하여 1×1 cm 크기의 시편 80개를 제작하였으며 이를

20개씩 4개의 군으로 분류하였다. 불소는 APF gel(1.23% F, PASCAL, USA)과, Fluor Protector<sup>®</sup> (1% difluorosilane/0.1% F, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), CavityShield<sup>™</sup> (5% sodium fluoride/2.26% F, OMNII Oral Pharmaceuticals, USA)를 사용하였다(Table 1).

### 2. 연구방법

#### 1) 시편제작

소의 전치중 법랑질이 건전한 치아를 선정하여 약 1×1 cm 크기로 80개의 시편을 제작하고 이를 epoxy resin에 포매하였다. 그 후 직경 5 mm의 원형을 제외한 전면에 nail varnish를 도포하였다.

#### 2) 불소의 적용

1군은 대조군으로 아무런 처치도 시행하지 않았으며, 2군은 APF gel을 면봉으로 도포하고 4분후 수세하였고 3군은 Fluor Protector<sup>®</sup>를 제조회사의 지시에 따라 brush를 이용하여 도포하고 1분간 건조시킨 후 수세, 4군은 CavityShield<sup>™</sup>를 brush를 이용하여 도포하고 1분간 건조시킨 후 수세하였다. 각 군의 모든 시편을 증류수에 보관하였으며 바니쉬의 제거를 위해 24시간 후 어린이용 칫솔을 이용하여 brushing하였다.

#### 3) 법랑질 탈회

법랑질 탈회를 위한 인공우식용액은 수산화인산칼슘(calcium phosphate- tribasic, Sigma, USA)이 50% 포화된 0.1 M lactic acid와 Carbopol 0.2% (#907, BF Goodrich, USA)를 함유한 pH 4.0 용액을 제작하여 사용하였으며 각 군의 시편을 동일하게 제작된 인공우식용액에 37℃ 항온상태로 72시간동안 보관하여 법랑질을 탈회시켰다.

#### 4) 광밀도(optical density)의 변화 측정(Fig. 1)

법랑질의 탈회과정 관찰을 위해 380-520 nm 파장과 1900 mW/cm<sup>2</sup> 강도를 갖는 플라즈마광을 인공적으로 유발된 우식병소의 표면에 조사하고 관찰되는 광밀도를 측정하였다. 치아에서 산란되는 청색광을 차단하고 순수한 형광만을 관찰하기 위해 오렌지색 필터를 Stereoscope (Olympus SZ61, Japan)의 렌즈 전면에 장착하고 촬영하였으며 촬영된 영상을 영상분석프로그램인 Image Pro Plus(Media Cybernetics Co., USA)를 이용하여 분석하였다. 광밀도는 실험전과 탈회 48시간, 72시간에 각각 측정하였다.

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

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

5) 병소의 깊이 측정

72시간의 탈회과정 후 실제로 진행된 인공우식병소의 각 구간 병소의 깊이 차이를 관찰하기 위해 슬라이드 표본을 제작하였다. 먼저 치아를 Diamond wheel saw (Southbay technology, USA) 를 이용하여 약 1mm 두께로 절단 한 다음 sand paper 활택과정을 통해 약 100 μm 두께로 표본을 제작하고 Stereoscope (Olympus SZ61, Japan)로 관찰하였다. Stereoscope를 통해 촬영된 영상은 역시 Image Pro Plus(Media Cybernetics Co., USA)로 전송하여 모니터상에서 측정하였는데 5 mm 크기의 병소 중 가장 깊다고 생각되는 4개의 지점을 설정하여 측정하고 이의 평균을 사용하였다.

6) 통계분석

탈회과정동안 측정된 광밀도의 변화에 대해서는 two way ANOVA와 tukey test를 시행하였으며 병소의 깊이 비교에는 one way ANOVA와 tukey test를 시행하였다

Ⅲ. 연구 결과

1. 광밀도 분석(Table 2)

촬영한 영상을 gray scale로 변화하여 수치화하면 검정은 0, 화이트는 256의 수치를 나타내게 되는데 건전한 치면의 광밀도는 154-160 scale을 보였다. 불소처리하지 않은 대조군은 48시간 후 급격한 광밀도의 소실을 보이고 이후에는 큰 변화를 보이지 않았으며 APF 군은 바니쉬군에 비해 낮은 광밀도를 보였고(p<0.05) 두 가지 바니쉬군사이에는 유의한 차이가 관찰되지 않았다(p>0.05). 그러나 72시간 후의 결과에서는 Fluor Protector® 군에서 시간에 따라 광밀도 감소가 관찰되었으며 최종적으로 CavityShield™ 군에서 가장 높은 광밀도를 보이는 것으로 나타났다(p<0.05).

2. 병소의 깊이 측정 (Table 3)

72시간 후 인공탈회병소의 깊이를 측정한 결과 APF군은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으며 Fluor Protector®와 CavityShield™로 처리한 군에서는 탈회가 억제된 양상이 관찰되었다(p<0.05). 두 가지 불소 바니쉬간에는 유의한 차이가 존재하지 않았다(p>0.05).

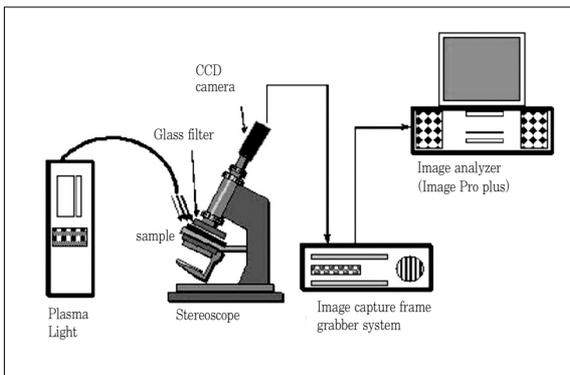


Fig. 1. Schematic drawing of optical density measurement.

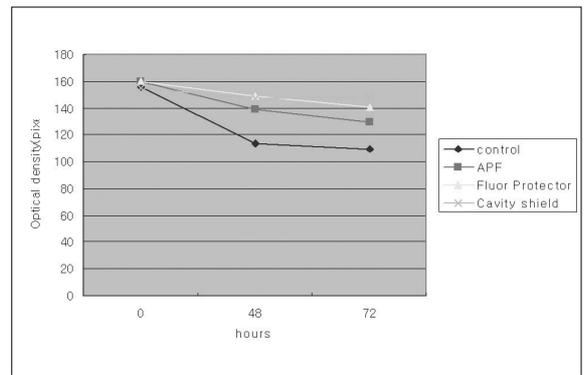
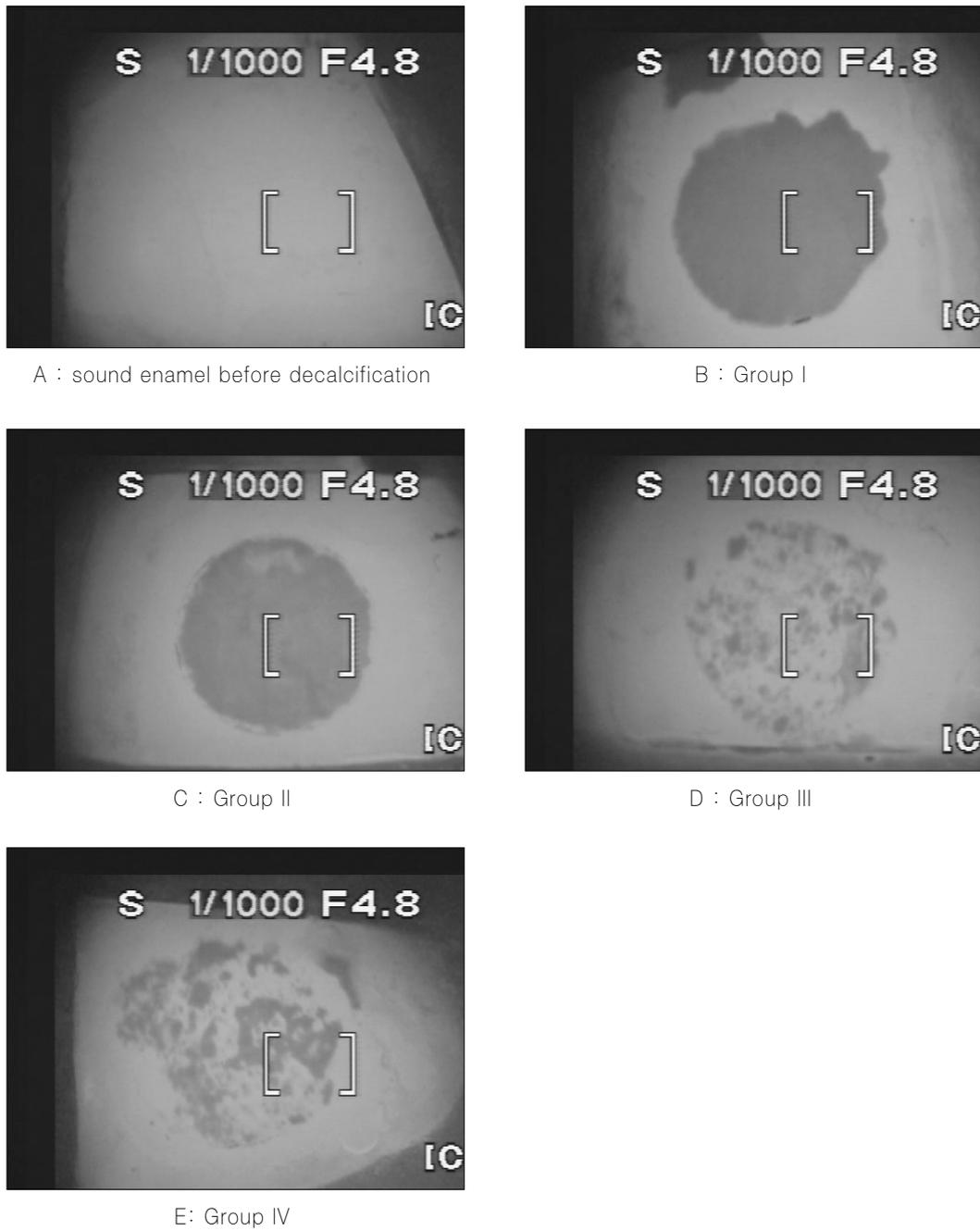


Fig. 2. The change of optical density according to the decalcification time.

Table 2. The optical density of each group according to the duration of decalcification

Group	N	0hours	48hours	72hours
I	20	155.32±5.15	113.21±10.09 <sup>a</sup>	109.21±11.76 <sup>A</sup>
II	20	159.66±7.32	139.09±10.48 <sup>b</sup>	129.24±11.37 <sup>B</sup>
III	20	160.04±8.75	148.66±5.14 <sup>c</sup>	140.06±13.15 <sup>C</sup>
IV	20	154.58±4.42	146.97±6.59 <sup>c</sup>	147.84±9.39 <sup>D</sup>

Different letters indicate statistically significance (p<0.05)

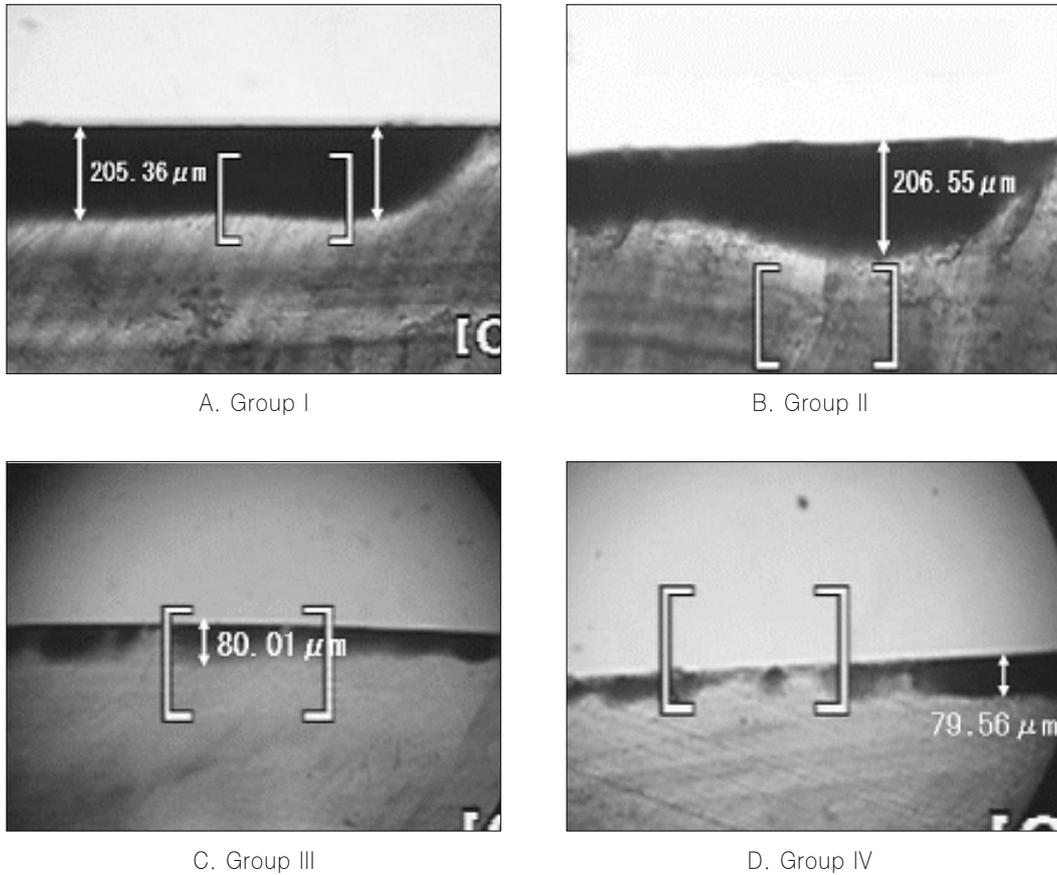


**Fig. 3.** The fluorescence image of decalcified lesion of each group after 72 hours (A: Sound enamel before treatment, B: Control group, C: APF group, D: Fluor Protector<sup>®</sup> group, E: CavityShield<sup>™</sup> group).

**Table 3.** The mean depth of lesion of decalcification

Group	N	depth
I	20	205.36±42.85 μm <sup>a</sup>
II	20	210.81±44.60 μm <sup>a</sup>
III	20	80.03±21.66 μm <sup>b</sup>
IV	20	77.46±27.72 μm <sup>b</sup>

letters indicate statistically significance (p<0.05)



**Fig. 4.** The stereoscopic views showed the difference of lesion depth in each groups (A: Control group, B: APF group, C: Fluor Protector<sup>®</sup> group, D: CavityShield<sup>™</sup> group).

#### IV. 총괄 및 고찰

치아우식을 예방하는 방법으로는 치태조절과 식이조절, 치면 열구전색 그리고 불소의 사용을 들 수 있는데 이중 불소의 사용은 상수도수불소화, 불소보조제 복용과 같은 전신적인 사용과 불화치약의 사용, 불소용액 양치, 전문가 불소도포 같은 국소적인 사용으로 나누어진다<sup>18)</sup>. 전문가 불소도포는 1943년<sup>1)</sup> 처음 임상에 도입된 이래 치아우식 예방을 위해 많은 역할을 담당하여왔다. 초기의 국소도포용 불소제제는 SnF<sub>2</sub>나 NaF 용액이었는데 SnF<sub>2</sub>용액은 안정적이지 못할 뿐 아니라 치면의 착색을 일으키고 나쁜 맛을 갖는 단점으로 인해 점차 사용하지 않게 되었고 NaF를 인산으로 산성화시킨 APF gel이 개발되었다. APF gel은 pH 3.2-3.5의 낮은 산도를 가지며 중성인 NaF에 비해 범람질 내로의 불소침투와 탈회예방효과가 우수한 것으로 인정받고 있다<sup>5,6)</sup>. 이러한 APF gel 도포법의 우식예방효과는 20% 정도로 보고되고 있으며<sup>19-21)</sup> 현재 임상에서 가장 널리 사용되는 전문가 불소도포법이다. 그러나 APF gel은 수용성으로 타액이나 물에 쉽게 씻겨져 나가 효과가 지속적이지 못하며<sup>22)</sup> 도포하

는 동안 트레이에서 흐르는 재료를 삼킬 수 있고 구강내에 존재하는 복합레진이나 글래스아이오노머 같은 심미수복재의 표면 거칠기를 증가시킨다는 보고도 있다<sup>7,8)</sup>. 1.23% APF gel은 비교적 고농도의 불소이기 때문에 환자가 많은 양을 섭취하지 않도록 주의해야하는데 많은 양의 불소를 삼키게 되면 전신적 독성뿐 아니라 오심이나 구토 등의 급성증상을 보일 수 있다. APF gel 1회 도포 시 환자가 삼키는 불소의 양은 14~31 mg으로 알려져 있다<sup>23,24)</sup>. 혼합치열기용 CavityShield<sup>™</sup> (0.4 ml)를 1회 도포할 경우 불소의 함량은 9.04 mg으로 불소 젤과 불소 바니쉬 모두 독성 용량 이하지만 불소 바니쉬가 상대적으로 안전하다는 것을 알 수 있다. Ekstrand 등<sup>19)</sup>은 Duraphat<sup>®</sup>을 적용한 후 혈장 내 불소 농도와 신장의 불소 배설을 평가하였는데 12시간 후 신장의 불소 농도는 500~1,100 μg으로 신장에 위대한 영향을 미치지 않는다고 하였다. 환자가 섭취하는 불소를 최소화하고 chair time을 줄이기 위해 도포시간을 줄이는 방안에 대한 제안이 있게 되었는데 Garcia-Godoy 등<sup>25)</sup>과 Delbem과 Cury<sup>26)</sup>는 APF gel 도포 시 범람질에 흡수되는 불소의 양이 첫 1분 동안 급격히 증가되고 그 이후에는 많지 않아

도포시간을 늘리는 것이 효과가 없음을 보고하여 기존에 사용되어온 4분도포가 아닌 1분간의 도포를 주장하였다. 이에 따라 여러 제조회사들에서 1분 도포용 제품을 판매하고 있지만 임상적으로 그 효과가 동일함이 증명되지 않았으며 기존의 4분 도포법은 매우 어린환자나 협조도가 낮은 환자, 장애를 갖는 환자에게 적용하기 어려운 것이 현실이다.

APF gel의 이러한 단점을 극복하기 위해 1970년대 후반부터 불소 바니쉬가 개발되기 시작하였다. 불소 바니쉬는 비수용성이며 도포시 치아를 점착성의 막으로 덮어 고농도의 불소를 장시간 치아와 접촉할 수 있게 한다. 도포하기가 쉽고 역겨운 맛이 없으며 젤을 사용하는 경우보다 아주 적은 양을 사용하는 장점이 있다<sup>27-29</sup>. 또한 어린아이들, 장애인 그리고 불소 젤의 도포가 어려운 환자들에게 사용될 수 있다. 최초의 불소 바니쉬는 Duraphat<sup>®</sup>(Woelm and Pharma, Eschwege, Germany)으로 1964년에 Schmidt<sup>30</sup>에 의해 소개되었다. Duraphat<sup>®</sup>은 neutral colophonium base에 5% NaF로 구성되며 ml당 22.6 mg의 불소를 함유한다. 10 ml 튜브에 포장되어 있고 한번에 0.3~0.5 ml를 사용한다. Fluor Protector<sup>®</sup>(Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)은 1975년 소개되었고 polyurethane base에 1% difluorosilane으로 구성되며 ml당 1 mg의 불소를 함유하고 있어 다른 제품에 비해 비교적 낮은 농도의 바니쉬이지만 Duraphat<sup>®</sup>과 달리 산성을 띄어 법랑질의 침투도를 높이고자 하였다. 갈색 유리병에 0.4 ml씩 포장되어 있다. 최근 개발된 CavityShield<sup>™</sup>(OMNII Pharmaceuticals, USA)는 resinous base에 5% NaF로 구성되며 ml당 22.6 mg의 불소를 함유한다. 1회 용기에 담겨져 있어 위생적이고 1회 사용량이 정해져 불소의 과잉 사용이나 과잉섭취의 가능성을 줄여주며 tube형에서 NaF가 용기 바닥에 가라앉아 도포시 마다 함유된 불소량이 달라지는 단점을 보완할 수 있다. 또한 Xylitol을 첨가하여 Fluor Protector<sup>®</sup>보다 맛과 향이 좋아 환자들이 쉽게 받아들일 수 있다. 이외에도 Duraflor<sup>®</sup>(Pharma Science, Canada), Bifluoride<sup>®</sup>12(Voco, Germany), Carex(Voss, Norway)가 있다.

이러한 불소 바니쉬의 우식예방 효과는 많은 임상 연구를 통해 나타났다. Peyron 등<sup>31</sup>은 3~6세 아동의 유치열에서 인접면 우식의 진행과 불소 바니쉬의 효과를 연구하였다. 불소 바니쉬를 연 2회 도포한 결과 불소 바니쉬군에서 법랑질 병소의 51.2%가 진행되었으나 대조군에서는 병소의 82.8%가 진행되어 불소 바니쉬가 우식 정지 효과가 있었다고 보고하였다. Twetman과 Petersson<sup>32</sup>은 4~5세 아동의 우식 발생에 대한 불소 바니쉬의 효과를 세계보건기구(WHO)의 기준에 따라 연구하고 유치열에서 fluoride-silane 바니쉬의 우식 정지 효과를 관찰하였다. Frostell 등<sup>33</sup>은 4세 아동의 유치열에서 우식 진행에 연 2회 불소 바니쉬 적용의 효과를 연구하고 우식 발생이 30% 감소함을 관찰하였다.

Twetman 등<sup>34</sup>은 3종류의 불소 바니쉬를 도포한 후 타액 내 불소 농도를 측정하였는데 1시간 후 측정 시 Bifluorid<sup>®</sup>(6%

F)와 Duraphat<sup>®</sup>(2.26% F)은 불소 농도가 증가하였으나 Fluor Protector<sup>®</sup>(0.1% F)는 유의하게 증가하지 않았다. Skold-Larsson 등<sup>35</sup>은 위와 동일한 불소 바니쉬를 도포하고 치태 내 불소농도를 측정하였다. Bifluorid<sup>®</sup>(6% F)는 3일과 7일 후에, Duraphat<sup>®</sup>(2.26% F)은 3일 후 측정 시 불소농도가 유의하게 높았으나 Fluor Protector<sup>®</sup>(0.1% F)는 유의하게 증가하지 않았다. 결과적으로 불소 농도가 증가할수록 타액과 치태 내 불소 농도가 증가함을 보여준다.

교정용 브라켓 주변에 발생하는 법랑질 탈회를 예방하기 위해 불소 바니쉬를 도포한 결과 Todd 등<sup>12</sup>은 *in vitro* 실험에서 대조군에 비해 50%의 탈회 감소를 관찰하였다. Hu와 Featherstone<sup>36</sup>은 협면에 광중합형 filled/unfilled sealant와 CavityShield<sup>™</sup>을 도포한 후 pH 순환모델을 이용하여 탈회 정도를 살펴보았는데 filled sealant를 적용한 경우가 가장 낮은 탈회정도를 보였으며 그 다음은 CavityShield<sup>™</sup>군으로 30%의 탈회 방지 효과를 나타냈다.

Seppa 등<sup>37</sup>은 12~13세 어린이를 두 군으로 나누어 불소 바니쉬와 APF gel을 연 2회 도포하고 3년간 비교한 결과 두 군 사이에 유의한 차이가 없었고 인접면 우식 예방에 불소 젤만큼 불소 바니쉬가 효과적이라고 결론지었다.

이와 같이 세계적으로 불소 바니쉬의 사용이 증가되고 있고 많은 연구도 진행되고 있는 반면 국내에서는 불소 바니쉬의 사용이 매우 초기단계이며 임상 및 실험실 연구도 미비한 실정이다. 본 실험에서는 Fluor Protector<sup>®</sup>와 CavityShield<sup>™</sup> 두 가지 바니쉬를 사용하였으며 0.1%와 2.26%의 서로 다른 농도를 가지며 재료의 물리적 성상이 다른 두 가지 바니쉬간에 효과의 차이가 존재하는지 알아보려고 하였다.

법랑질의 탈회정도를 측정하는 방법으로는 표본을 제작하여 현미경으로 관찰하는 방법을 비롯하여 미세경도 측정법과 같은 침습적인 방법과 microradio graphy나 micro CT, QLF(Quantitative light induced fluorescence) 등의 비침습적인 방법이 있다<sup>12,14-17,38</sup>. 본 실험에서는 표본을 제작하여 현미경으로 관찰하는 방법과 가시광선을 이용한 형광관찰법을 이용하여 법랑질의 탈회정도를 측정하였는데 fluorescence(형광) 현상을 이용한 탈회병소관찰법은 Bjelkhagen 등<sup>39</sup>이 1982년에 laser fluorescence에 대해 보고한 바 있으며 국내에서도 이 등<sup>40</sup>에 의해 많은 연구가 진행된 바 있다. 이들의 연구에 의하면 치아에 강한 가시광선을 조사하면 형광빛을 발하는 건전치질에 비해 우식병소는 형광이 소실된 검은 점으로 관찰되는데 소실되는 광밀도의 정도는 탈회의 진행정도와 관련이 있으며 여기에 사용되는 광원으로는 아르곤 레이저 외에도 플라즈마, LED 등이 사용가능하다고 하였다<sup>41</sup>. 이번 연구에서는 이 동이나 사용이 간편하며 강한 가시광선을 방출하는 플라즈마 광을 사용하였으며 촬영한 영상은 영상분석프로그램인 Image Pro Plus상에서 분석 및 계측하였다. 광밀도 분석을 위해 영상을 gray scale로 변환하면 검은색을 0으로 시작하여 흰색인 256 까지의 scale을 갖게 되는데 건전한 법랑질의 경우 150-

160 범주의 scale을 보인다. 본 실험에서 인공우식용액에서 탈회시킨 결과 48시간 후 대조군의 광밀도는  $113.21 \pm 10.09$ 로 급격하게 소실되었음을 알 수 있었고 APF gel을 도포한 군에서는  $139.09 \pm 10.48$ 로 대조군에 비해 광밀도가 덜 소실되었음을 알 수 있었다. 두 가지 바니쉬군은 모두 APF gel이나 대조군에 비해 광밀도 소실이 적어 법랑질의 탈회억제효과가 더 우수한 것으로 나타났다. 그러나 72시간 후 관찰결과 다른 군에서는 시간에 따라 큰 변화가 없는 반면 Fluor Protector<sup>®</sup>군에서는 48시간에 비해 72시간 광밀도가 유의하게 감소되어 최종적으로 CavityShield<sup>™</sup>군에서 가장 광밀도 소실이 적은 것으로 나타났다. 이는 Fluor Protector<sup>®</sup>의 물리적 성상이 액상으로 점액상인 CavityShield<sup>™</sup>에 비해 치면부착률이 떨어져 장기적인 효과에 차이가 나는 것으로 생각할 수 있으나 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

시편을 절단하여 광학현미경하에서 탈회병소의 양상을 관찰한 결과 대조군에서는 탈회가 균일한 깊이로 진행된 반면 불소처리군에서는 탈회의 깊이가 깊은 곳과 얇은 곳이 불규칙하게 나타나는 것이 관찰되었다. 본 실험에서는 전체병소 중에서 가장 깊게 진행된 지점을 4군데 설정하여 깊이를 측정하였기 때문에 불규칙한 병소를 실질적으로 반영하지 못한 점이 있었을 것으로 생각되며 특히 APF군과 대조군의 병소깊이에서 유의한 차이가 없었던 것은 이러한 원인으로 사료된다. 이러한 관점에서 본다면 시편을 절단한 위치에 따라라도 오차가 발생할 수 있는 현미경 관찰법보다 전체면의 변화를 포괄적으로 측정할 수 있는 광밀도 측정법이 좀 더 병소의 탈회정도를 전반적으로 정확하게 반영한다 할 수 있겠다.

그러나 광밀도 측정법과 탈회병소 깊이 측정법 모두에서 일관되게 보여주는 결과는 APF gel보다 바니쉬가 더 우수한 탈회억제효과를 갖는다는 것이다. 이는 APF gel이 도포 후 수세에 의해 쉽게 씻겨져 나간 반면 바니쉬는 점착성의 막을 형성하여 치면에 오랜 시간 잔존하였기 때문이다. 이 때문에 바니쉬도포 후 주의사항으로 30분간 양치를 금하고 2-4시간동안 단단한 음식물을 섭취하지 않도록하며 하루동안 잇솔질을 하지 않도록 하는데 이번 실험에서도 이러한 임상상황과 유사하도록 24시간 후 brushing하여 바니쉬를 제거하였다. 그러나 구강내에서는 잇솔질 이외에도 음식물섭취나 혀나 저작근등의 연조직운동, 타액의 자정작용 등에 의해 좀 더 많은 바니쉬의 소실이 발생할 것으로 생각되므로 이러한 임상상황을 보다 잘 재현할 수 있는 실험모델의 설정이 필요할 것으로 사료된다.

0.1%의 불소이온을 포함하는 Fluor Protector<sup>®</sup>는 액상으로 치면에 형성되는 막이 얇고 2.26% 불소이온을 포함하는 CavityShield<sup>™</sup>는 끈끈한 점액상을 띄어 도포 시 치면에 두터운 막을 형성한다. 본 실험의 결과 병소깊이 측정에서는 이 두 가지 바니쉬 간에 차이가 없었고 광밀도 분석에서는 CavityShield<sup>™</sup>가 다소 우수한 것으로 나타났지만 종합적으로 두 가지 바니쉬 간에 탈회억제효과는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다. 그러나 임상적으로 CavityShield<sup>™</sup>는 Fluor

Protector<sup>®</sup>에 비해 더 좋은 맛과 향을 지니며 브러쉬가 포함된 개별포장으로 사용이 더 간편하다는 장점을 갖는다.

이상의 결과를 종합하여 보면 기존에 사용되어 오던 국소적 불소도포 제재인 APF gel에 비해 불소 바니쉬는 임상적으로 사용하기 편리할 뿐 아니라 법랑질 탈회 억제효과도 더 우수하다고 할 수 있다. 따라서 향후 협조가 어려운 어린환자나 장애 환자 등에서 보다 적극적으로 불소 바니쉬를 적용하는 노력이 필요할 것으로 생각되며 불소 바니쉬의 도포에는 치과진료대나 타액흡입기와 같이 특별한 기구나 장비가 필요하기 않기 때문에 다수의 사람에게 동시에 적용하는 공공의료 분야에 사용에도 적합할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

이 연구는 APF gel과 불소 바니쉬가 법랑질 탈회과정에 미치는 영향을 알아보고자 시행되었으며 법랑질 시편에 APF gel과 두 가지 불소 바니쉬를 도포한 후 인공우식용액에서 법랑질을 탈회시켰으며 48시간 72시간 후 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 48시간 후 광밀도 측정결과 APF 군의 광밀도는 대조군에 비해서는 높았으나 바니쉬군보다는 낮았으며( $p < 0.05$ ) 두 가지 바니쉬사이에 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).
2. 72시간 후 광밀도 측정결과 Fluor Protector<sup>®</sup>군에서만 약간의 광밀도 감소가 관찰되었으며( $p < 0.05$ ) CavityShield<sup>™</sup> 군에서 가장 높은 광밀도를 보였다( $p < 0.05$ ).
3. 72시간의 탈회과정 후 병소의 깊이를 측정한 결과 대조군에서는 평균  $205.36 \pm 42.85 \mu\text{m}$ 이고 APF군에서 병소의 평균깊이는  $210.81 \pm 44.60 \mu\text{m}$ 로 두 군간에 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).
4. 불소 바니쉬군에서 병소 깊이는 Fluor Protector<sup>®</sup> 군에서  $80.03 \pm 21.66 \mu\text{m}$ 이고 CavityShield<sup>™</sup> 군에서  $77.46 \pm 27.72 \mu\text{m}$ 로 대조군이나 APF군에 비해 탈회가 억제되었음을 알 수 있었으나( $p < 0.05$ ) 두 가지 바니쉬 사이에는 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

이상의 결과를 종합하여 보면 기존에 사용되어 오던 국소적 불소도포 제재인 APF gel에 비해 불소 바니쉬는 법랑질 탈회 억제 효과가 더 우수한 것으로 나타났으며 Fluor Protector<sup>®</sup>와 CavityShield<sup>™</sup> 두 가지 불소 바니쉬간에는 큰 차이가 없는 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Knuston JW, Armstrong W: The effect of topically applied sodium fluoride on dental caries experience. *Publ Health Rep*, 58:1701-1715, 1943.
2. Arends J, Nelson DGA, Dijkman AG. *et al.*: Effect of

- various fluorides on enamel structure and chemistry. *Cariology today*, Karger, 245-258, 1984.
3. Ten Cate JM : In vitro studies on effects of fluoride on de- and remineralization. *J Dent Res*, 69(sp Issue):614-619, 1990.
  4. Mellberg JR, Nicholson CR, Trubman A : The acquisition of fluoride by tooth enamel in vivo from self-applied APF gel and prophylaxis paste. *Caries Res*, 7:173-178, 1973.
  5. Cobb B, Rozier G, Bawden JW: A clinical study of the caries APF solution and thixotropic gel. *Pediatr Dent*, 2:263-266, 1980.
  6. Hicks MJ, Flaitz CM, Garcia-Godoy F : Root-surface caries formation: effect of in vitro APF treatment. *J Am Dent Assoc*, 129:449-453, 1998.
  7. Adair SM : Current fluoride therapy in dentistry for children. *Curr Opin Dent*, 1:583-591, 1991.
  8. 최원혁, 김은정, 김현정 등 : APF gel이 심미수복재료의 표면에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 33:281-289, 2006.
  9. Riethe P, Weinmann K : Caries inhibition with fluoride gel and fluoride varnish in rats. *Caries Res*, 4:63-68, 1970.
  10. Attin T, Hartmann O, Hilgers RD, et al : Fluoride retention of incipient enamel lesions after treatment with a calcium fluoride varnish in vivo. *Arch Oral Biol*, 40:169-174, 1995.
  11. 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.
  12. 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.
  13. Khattak MF, Conry JP, Ko CC : Comparison of three topical fluorides using computer imaging. *J Clin Pediatr Dent*, 30:139-144, 2005.
  14. White DJ, Featherstone JD : A longitudinal microhardness analysis of fluoride dentifrice effects on lesion progression in vitro. *Caries Res*, 21:502-512, 1987.
  15. 설재현, 오유향, 이난영 등 : 레이저 형광법을 이용한 인접면 우식증의 진단. *대한소아치과학회지*, 31:236-246, 2004.
  16. 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.
  17. 문성권, 이재천, 김영재 등 : Fluoride varnish와 Acidulated phosphate fluoride gel이 인공우식병소에 미치는 영향에 대한 미세전산화 단층촬영을 이용한 연구. *대한소아치과학회지*, 31:212-222, 2004.
  18. Attin T, Buchalla W, Hellwig E : Effect of topical fluoride application on toothbrushing abrasion of resin composites. *Dent Mater*, 22:308-313, 2006.
  19. Ekstrand J, Koch G, Lindgren LE, et al. : Pharmacokinetics of fluoride gels in children and adults. *Caries Res*, 15:213-220, 1981.
  20. Hausen H : Benefits of topical fluorides firmly established. *Evid Based Dent*, 5:36-37, 2004.
  21. American Dental Association Council on Scientific Affairs : Professionally applied topical fluoride: evidence-based clinical recommendations. *J Am Dent Assoc*, 137:1151-1159, 2006.
  22. Arends J, Schuthof J : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing - an in vitro study. *Caries Res*, 9:363-372, 1975.
  23. 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.
  24. Whitford GM : Fluoride products: safety considerations. *J Dent Res*, 66:1056-1060, 1987.
  25. Garcia-Godoy F, Hicks MJ, Flaitz CM, et al. : Acidulated phosphate fluoride treatment and formation of caries-like lesions in enamel: effect of application time. *J Clin Pediatr Dent*, 19:105-110, 1995.
  26. 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.
  27. Vaikuntam J : Fluoride varnishes: should we be using them? *Pediatr Dent*, 22:513-516, 2000.
  28. Chu CH, Lo EC : A review of sodium fluoride varnish. *Gen Dent*, 54:247-253, 2006.
  29. Bawden JW : Fluoride varnish: a useful new tool for public health dentistry. *J Public Health Dent*, 58:266-269, 1998.
  30. Schmidt HF : The fluoride varnish procedure and possibilities of its utilization for the prevention of caries. *Zahnarzl Mitt*, 59:633-636, 1969.
  31. 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.
32. Twetman S, Petersson LG : Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. *Eur J Oral Sci*, 104:523-528, 1996.
33. Frostell 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.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. Seppa L, Leppanen T, Hausen H : Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: a 3-year clinical trial. *Caries Res*, 29:327-330, 1995.
38. Gokalp S, Baseren M : Use of laser fluorescence in monitoring the durability and cariostatic effects of fluoride and chlorhexidine varnishes on occlusal caries: a clinical study. *Quintessence Int*, 36:183-189, 2005.
39. Bjelkhagen 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.
40. 이난영, 이창섭, 이상호 : 아르곤 레이저 광감각법의 법랑질 우식증 조기탐지 효과에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 24:313-324, 1997.
41. 이난영, 김미라, 오유향 등 : 광중합기를 이용한 광학적 치아우식활성도 검사법. *대한소아치과학회지*, 31:671-679, 2004.

## Abstract

## EFFECT OF A FLUORIDE VARNISH ON THE ENAMEL DEMINERALIZATION

Myung-Ok Yoon, Nan-Young Lee, Sang-Ho Lee

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

The aim of this study was to evaluate the effect of fluoride varnish application on enamel decalcification. Eighty bovine enamel blocks divided randomly into 4 groups. Group I is the control group. Group II was treated with the APF gel and washed after 4 minutes. Group III and IV was treated with Fluor Protector<sup>®</sup> and CavityShield<sup>™</sup> and washed after 1 minutes. Decalcification were created by placing all specimen into artificial acidic solution(pH 4.0).

Then the optical density of the lesions were measured by visible light fluorescence and the lesion depths were measured.

The results were :

1. The optical density of group II was higher than group I but lower than group III, IV( $p < 0.05$ ) and there was no difference between group III, IV( $p > 0.05$ ) at 48 hours.
2. The optical density of group IV was highest at 72 hours( $p < 0.05$ ).
3. Mean lesion depths were  $205.36 \pm 42.85 \mu\text{m}$  and  $210.81 \pm 44.60 \mu\text{m}$  in group I, II but no significant difference between two groups( $p > 0.05$ ).
4. Mean lesion depths were  $80.03 \pm 21.66 \mu\text{m}$  and  $77.46 \pm 27.72 \mu\text{m}$  in group III, IV but no significant difference between two groups( $p > 0.05$ ).

Fluoride varnish treatment resulted in a significant reduction in lesion depth compared with APF gel. Fluor Protector<sup>®</sup> and CavityShield<sup>™</sup> provided the similar effect.

**Key words** : Fluoride varnish, APF gel, Enamel decalcification, Visible light fluorescence