

# 불화물 도포에 의한 우식범랑질의 불소함량, 내산성 및 표면경도 변화

전남대학교 치과대학 구강내과학교실\* · 예방치과학교실\*\*

기 우 천\* · 홍 석 진\*\* · 이 상 대\*\* · 정 성 숙\*\* · 김 병 국\*

## 목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

## I. 서 론

치아우식증을 예방하기 위해 불화물이 이용된 이래, 불화물에 의한 치아우식예방효과를 증진시키기 위하여 이에 대한 작용기전 및 다양한 불화물 이용방법에 관한 연구뿐만 아니라 더욱 효과적인 불화물에 관한 연구가 진행되어 왔다.<sup>1-5)</sup>

불화물중 sodium fluoride( 이하 NaF ), stannous fluoride, sodium monofluorophosphate가 일반적으로 널리 이용되고 있다.<sup>1-3)</sup> 또한 이들 불화물보다 효과적인 불화물에 대한 연구가 진행되어 ammonium fluoride( 이하 NH<sub>4</sub>F )<sup>6-8)</sup>, amine fluoride<sup>9-10)</sup>, titanium fluoride( 이하 TiF<sub>4</sub> )<sup>11-13)</sup> 등 여러가지 불화물의 우식예방효과에 대해 보고되고 있다. Caslavská 등<sup>6)</sup>, Grøn과 Caslavská<sup>7)</sup>, Caslavská 등<sup>8)</sup>은 NH<sub>4</sub>F가 법랑질에 다량의 불화칼슘을 형성하고 법랑질내로 불화물이

깊게 침투한다고 보고하였다. Skartveit 등<sup>12)</sup>, Wei 등<sup>14)</sup>, Hals 등<sup>15)</sup>은 TiF<sub>4</sub>가 법랑질 용해도를 감소시키고, 법랑질의 불소함량을 증가시키며 법랑질 표면에 내산성의 titanium 피막을 형성하는 등 임상적 효과가 높다고 하였다. 또한 유기 불소 화합물인 amine fluoride는 법랑질의 산에 대한 저항성을 높이는 것으로 보고<sup>10)</sup>되는 등 다양한 불화물에 관한 연구가 계속되고 있다.

불화물의 우식예방효과를 구명하기 위해서 다양한 방법으로 연구되고 있으며 최근에는 우식병소가 형성되는 환경과 유사하게 탈회 및 재석회화를 반복하는 pH순환과정을 통하여 불화물의 치아우식예방효과를 비교하고 있으며 이러한 pH순환과정이 불화물의 효과를 비교하는데 유용하게 사용되고 있다.<sup>4,16)</sup> 또한 불화물은 치아표면에 결합하여 법랑질내 불소함량을 증가시킬 뿐 아니라 산에 대한 용해도를 감소시키므로 불화물의 효과를 비교하는 데는 법랑질내 불소함량과 내산성의 측정이 필요하다. 또한 표면경도 변화로써 불화물에 의한 우식병소의 재석회화 정도를 비교하여 불화물의 치아우식예방효과를 측정할 필요가 있다.

이에 저자는 NaF, NH<sub>4</sub>F, TiF<sub>4</sub>, amine fluoride 계열의 Elmex gel과 일반적으로 사용되는 acidulated phosphate fluoride gel ( 이하 APF gel ) 등 5종의 불화물에 대해 구강내 환경과 유사한 pH순환과정에 의해 법랑질 우식병소를 불소용

액으로 처리하여 불화물의 종류에 따른 법랑질 우식병소의 재석회화 정도를 비교 분석하여 불화물의 우식에방효과를 증진시키기 위한 방법을 모색하고자, 실험실적 방법으로 법랑질내 불소함량, 법랑질 표면경도 및 내산성을 측정하여 의의있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

본 실험에서는 소의 하악 영구전치를 사용하였다. 불화물로는 NaF( Fluka chemical co., Japan ), NH<sub>4</sub>F( Shinyo pure chemicals co., Japan ), Elmex gel( GABA international Ltd., Swiss ), APF gel ( Pascal co., U.S.A. ), TiF<sub>4</sub>( Aldrich chemical Co., U.S.A. )를 실험재료로 하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 시편의 제작

소의 영구절치의 치근부를 제거하고 치관부를 증류수로 수세한 후 우식병소의 탈회정도의 차이를 줄이기 위해 5% HClO<sub>4</sub> 용액에서 15분동안 처리하여 rubber cup에 300 mesh silicone oxide paste를 묻혀 전치면이 매끄러운 광택이 나도록 세마한 후, 15분동안 초음파 세정기로 세척하여 건조시켰다.<sup>17)</sup>

영구 절치의 순면부 평활면을 5 mm x 5 mm 크기로 절단하여 시편을 제작하였다. 법랑질 불소함량을 측정하기 위해 선택한 시편의 법랑질 표면에 접착테이프 ( 3M Co., No. 471 )와 바니쉬( nail varnish )를 사용하여 직경 3 mm인 원형의 노출면을 형성하였다.

법랑질 표면경도를 측정하기 위해 중합수지로 형성한 원기둥( 직경 8 mm, 높이 15 mm )에 시편의 법랑질 표면을 제외한 모든 면을 포매하였다. 포매된 시편의 장축에 대해 직각으로 법랑질 표면이 평면이 되게 # 1,000 silicone oxide 연마지로 연마한 후, Imperial lapping film (  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.3  $\mu$ m )으로 세마하였다.

#### 2) 인공우식병소의 형성

법랑질 인공우식병소를 형성하기위해 0.01 M lactic acid에 NaOH를 첨가하여 pH 4.0으로 조절하였고, 이 용액으로 1% carboxymethyl cellulose가 함유된 탈회용액을 만들었다. 이 탈회용액에 시편을 37°C에서 96시간 동안 처리<sup>18)</sup>하여 백색의 우식병소를 형성하였다.

#### 3) 불소도포 및 pH 순환과정

불소용액 처리 시편군의 법랑질 시편은 2% NaF, 1.9% NH<sub>4</sub>F, 1.6% TiF<sub>4</sub>의 용액에 10분간 처리하였다. 또한 Elmex gel 및 APF gel은 제조 회사의 사용법에 따라 10분간 처리하였다. pH순환과정은 오전 9시부터 12시까지 3시간 동안은 인공타액에, 12시부터 오후 3시까지는 탈회용액 ( 인공우식병소의 형성용액과 동일 )에 처리하였고 이외의 오후 3시부터 다음날 오전 9시까지는 인공타액에 넣어두었다. 이상과 같은 동일한 과정을 8일간 반복하여 처리하였다.<sup>16)</sup>

대조군은 불소용액 처리를 하지 않았다.

인공타액은 다음과 같이 제조하였다. 0.4 gm의 orthophosphoric acid를 40 ml 증류수에 넣은 용액, 1.5 gm의 KCl을 100 ml 증류수에 넣은 용액, 1 gm sodium bicarbonate를 100 ml 증류수에 넣은 용액 등 3종의 용액을 600 ml 증류수와 함께 혼합하였다. 이 용액과 0.22 gm calcium chloride를 100 ml 증류수에 넣은 용액을 혼합한 후, 60 ml의 증류수를 첨가하여 1,000 ml의 인공타액을 제조하였으며, 용액의 pH는 6.5 - 6.7로 조절하였다.<sup>19)</sup>

#### 4) 법랑질 불소함량 및 내산성 측정

0.1 N HClO<sub>4</sub> 용액 1 ml에서 법랑질 시편을 30 초, 1분, 2분 간격으로 3회 연속 부식시켰고 매회 부식시 pH 5.2로 조절된 TISAB ( total ionic strength adjustment buffer ) type II 1 ml로 세정하였다.

부식용액 2 ml중 1.9 ml를 취하여 이온측정기 ( Orion res., Model EA-940, U.S.A. )에 불소이온전극( Model 9609BN, U.S.A. )을 장착하고 1 ppm, 2 ppm, 10 ppm의 표준불소용액으로 감응

성을 조정한 후 불소이온농도를 측정하였다.

부식용액 2 ml중 나머지 0.1 ml를 0.5% lanthanum chloride 용액 2.9 ml에 첨가하여 혼합하였다. 용액 중의 Ca이온 농도는 원자흡광분광기 (Instrumentation lab. Co., U.S.A.)를 이용하여 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 25 ppm의 표준용액으로 감응성을 조정한 후 측정하였다.

법랑질 표면의 불소함량은 인공우식병소의 법랑질 비중이 2.95 gm/cm<sup>3</sup>, 법랑질내 Ca함량이 36%<sup>20)</sup>로 하여 법랑질 부식층별 불소농도, 부식층 두께를 계산한 다음 법랑질 표면으로부터 10 μm, 15 μm, 20 μm 깊이까지의 불소함량을 산출하였다.<sup>21)</sup>

또한 법랑질의 내산성은 법랑질 시편을 30초간 부식시 유리된 부식용액의 Ca농도를 측정하여 산출하였다.<sup>22)</sup>

#### 5) 법랑질 표면경도의 측정

불소용액 처리에 의한 법랑질 표면경도 변화를 측정하기 위해 불소용액 처리 전과 후에 각각 미소경도 측정기(Zwick Co., Germany)로 법랑질 표면경도를 측정하였다. 포매된 시편을 미소경도 측정기의 압인 방향에 대해 법랑질 표면이 직각이 되도록 위치시킨 다음 법랑질 표면에 20초간 500 gm의 하중을 가한 후 계측 현미경으로 200배의 배율에서 압흔의 크기를 계측하여 Vickers 법랑질 경도를 측정하였다.<sup>23)</sup> 법랑질 시편의 한 노출표면에서 법랑질 표면경도를 3-4회 반복 측정하여 평균 계측치를 구하였다.

Vickers Hardness Number ( VHN )

$$VHN = \frac{1854.4 \times P}{d^2} \quad \begin{array}{l} P : \text{load in grams} \\ d : \text{length of diagonal in } \mu\text{m} \end{array}$$

이상의 자료에 대한 통계처리는 전산처리 하였으며, ANOVA와 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 법랑질 불소함량

10 μm 깊이에서의 불소함량은 APF gel, TiF<sub>4</sub> 용액처리군이 각각 5960.7 ppm, 4356.9 ppm으로서 다른 불소용액처리군보다 높았으며 NaF, Elmex gel처리군이 2419.0 ppm, 2231.8 ppm으로 다른 불소용액처리군보다 낮았다.

15 μm 깊이에서의 불소함량은 APF gel, TiF<sub>4</sub> 용액처리군이 각각 4397.0 ppm, 3320.4 ppm로서 다른 불소용액처리군보다 높았으며 NaF, Elmex gel처리군이 2050.6 ppm, 1847.8 ppm으로 다른 불소용액처리군보다 낮았다.

20 μm 깊이에서의 불소함량은 APF gel처리군이 2825.1 ppm으로 NH<sub>4</sub>F용액처리군 이외의 불소용액처리군보다 높았으며 Elmex gel처리군은 1475.8 ppm으로서 NaF용액처리군 이외의 불소용액처리군보다 낮았다( Table 1 ).

Table 1. Fluoride uptake ( ppm ) of early carious lesion following pH cycling at the consecutive depths.

Groups	n	10 μm	15 μm	20 μm
APF gel	16	5960.7 ± 1301.9	4397.0 ± 1096.6	2825.1 ± 1060.6
TiF <sub>4</sub>	15	4356.9 ± 830.4	3320.4 ± 646.3	2283.9 ± 562.1
NH <sub>4</sub> F	15	3369.3 ± 1043.6	2757.8 ± 962.6	2136.9 ± 975.2
NaF	15	2419.0 ± 546.9	2050.6 ± 447.9	1682.3 ± 405.2
Elmex gel	15	2231.8 ± 507.4	1847.8 ± 348.6	1475.8 ± 326.6

·Mean ± S.D. outside brackets are significantly different at p<0.05 level.

## 2. 법랑질 내산성

산에 의한 법랑질 용해도는  $TiF_4$  용액처리군이  $0.039 \mu g/mm^2$ 로서 APF gel처리군의  $0.053 \mu g/mm^2$ 과 유의한 차이는 없었으나 이외의 불소 용액처리군보다 낮았으며 대조군은  $0.092 \mu g/mm^2$ 로서 불소용액처리군보다 높았다.

NaF,  $NH_4F$ , Elmex gel, APF gel처리군의 법랑질 용해도는 각각  $0.068 \mu g/mm^2$ ,  $0.066 \mu g/mm^2$ ,  $0.061 \mu g/mm^2$ ,  $0.053 \mu g/mm^2$ 로서  $TiF_4$  용액처리군보다 높았으나 대조군보다 낮았다( Table 2 ).

## 3. 법랑질 표면경도

우식병소가 형성된 법랑질 시편의 불소용액처

**Table 2.** Calcium output (  $\mu g/mm^2$  ) of early carious lesion following pH cycling.

Groups	n	Calcium output
Control	16	$0.092 \pm 0.027$
NaF	15	$0.068 \pm 0.025$
$NH_4F$	15	$0.066 \pm 0.029$
Elmex gel	15	$0.061 \pm 0.026$
APF gel	16	$0.053 \pm 0.030$
$TiF_4$	15	$0.039 \pm 0.016$

Mean  $\pm$  S.D. outside brackets are significantly different at  $p < 0.05$  level.

리전 표면경도는 94.0 - 102.3 VHN으로 서로 유의한 차이는 없었다. 불소용액처리후 표면경도는 APF gel처리군이 145.6 VHN 으로 Elmex gel처리군과 대조군의 118.2 VHN, 119.6 VHN보다 높았으며 이외의 불소용액처리군간에는 유의한 차이가 없었다. 불소용액처리에 의한 법랑질 표면경도변화( $\Delta$ VHN)는 APF gel처리군이 43.3 VHN으로 Elmex gel처리군과 대조군의 24.0 VHN, 17.6 VHN보다 높았으며 이외의 불소용액처리군간에는 유의한 차이가 없었다( Table 3 ).

## IV. 총괄 및 고찰

불화물은 NaF,  $NH_4F$ ,  $Na_2PO_3F$ ,  $AlF_3$ ,  $SnF_2$ ,  $TiF_4$ , amine fluoride 등 여러가지가 있으며 각각 불화물의 법랑질에 대한 작용기전과 사용방법, 우식예방효과 또한 동일하지 않다. 또한 이들 불화물에 관한 연구가 진행되고 있으나 불화물의 작용기전은 아직 명확하게 밝혀지지 않고 있으며 각 불화물의 치아우식 예방효과 또한 다르다.<sup>6-16)</sup>

본 연구에서는 불화물중 널리 이용되고 있는  $NaF^{1-3)}$ , 법랑질에 다량의 불화칼슘을 형성하고 불화물의 심부 침투를 용이하게 하는 것으로 보고되고 있는  $NH_4F^{6-8)}$ , 금속염의 형태로 Ti이온이 법랑질 표면에  $TiO_2$ 의 내산성 피막을 형성하며 수산화 인회석과 복합체를 형성하여 산에 대

**Table 3.** Surface hardening ( Vickers hardness number ) of early carious lesion following pH cycling.

Groups	n	Initial hardness (VHN)	Final hardness (VHN)	Surface hardening ( $\Delta$ VHN)
APF gel	17	$102.3 \pm 20.2$	$145.6 \pm 25.4$	$43.3 \pm 25.5$
$NH_4F$	17	$94.0 \pm 12.1$	$128.0 \pm 33.1$	$34.0 \pm 31.9$
$TiF_4$	17	$98.2 \pm 19.2$	$130.5 \pm 36.4$	$32.4 \pm 24.5$
$TiF_4$	17	$98.2 \pm 19.2$	$130.5 \pm 36.4$	$32.4 \pm 24.5$
NaF	16	$97.8 \pm 18.4$	$125.3 \pm 33.0$	$27.5 \pm 19.8$
Elmex gel	17	$94.2 \pm 19.1$	$118.2 \pm 23.0$	$24.0 \pm 23.4$
Control	17	$102.0 \pm 15.9$	$119.6 \pm 21.1$	$17.6 \pm 13.0$

Mean  $\pm$  S.D. outside brackets are significantly different at  $p < 0.05$  level.

한 용해도와 구강미생물에 영향을 미치는 것으로 알려진  $TiF_4^{11-13}$ , 치아우식증 예방 및 상아질 과민증 억제에 효과적인 것으로 알려진 amine fluoride계열인 Elmex gel<sup>9-10</sup>과 gel 형태로 널리 사용되고있는 APF gel<sup>1-3</sup> 등 5종류의 불화물을 선택하였다. 또한 불화물의 효과는 구강내 환경에 의해 복합적으로 영향을 받으므로 구강내 환경과 유사하게 탈회와 재석회화를 반복하는 pH 순환과정<sup>18</sup>을 통하여 불화물의 효과를 비교하는 것이 유용하다.

본 연구의 주목적은 이와 홍<sup>24</sup>), 이와 홍<sup>25</sup>)의 불화물중  $NH_4F$ ,  $TiF_4$ 의 사용이 불화물의 국소도포에 의한 예방효과를 증진하는데 효과적이며 이의 효과를 구강내 환경에서 구명할 필요성이 있다는 보고에서와 같이 초기우식법랑질을 탈회와 재석회화가 반복되는 구강내 환경과 유사한 pH순환과정으로 처리하여 이들 불화물의 우식 예방효과를 측정 비교하여 치아우식증을 효과적으로 예방할 수 있는 방안을 모색하는 것이다.

$NH_4F$ 용액은  $NH_4^+$ 이온이 법랑질의 유리화 침착에 영향을 미쳐 법랑질 불소함량을 높이며 또한 법랑질 표면에 NaF처리시 형성되는 입자보다 오래 잔존하는  $CaF_2$ 와 유사한 내산성 물질을 형성한다고 보고<sup>6-8</sup>)되고 있다.  $NH_4F$ 용액처리군의 법랑질불소함량은 10 - 20  $\mu m$  깊이에서 3369.3 - 2136.9 ppm으로 NaF용액처리군의 2419.0 - 1682.3 ppm보다 높았으며, 법랑질 내산성의 경우에서도  $NH_4F$ 용액처리군이 0.066  $\mu g/mm^2$ 으로 NaF용액처리군의 0.068  $\mu g/mm^2$ 와 유의한 차이는 없었으나 더 낮은 산에 대한 용해도를 보였다. 또한 법랑질 표면경도변화량은  $NH_4F$ 용액처리군이 34.0 VHN으로 NaF용액처리군의 27.5 VHN와 유의한 차이는 없었으나 더 높은 증가를 보였다. 이는 pH 6.0에서 동일 농도로 법랑질에 도포시  $NH_4F$ 용액처리군의 법랑질 불소함량이 더 높았다는 Caslavka<sup>8</sup>)의 보고와 같이 높은 불소함량을 보였으며 또한  $NH_4F$ 가  $CaF_2$ 와 유사한 내산성 물질을 형성하여 법랑질 용해도가 낮다는 연구결과<sup>8,26</sup>)와 동일하게 법랑질 용해도 또한 낮았다. 법랑질내로 불화물의 침투는 20  $\mu m$ 깊이에서  $NH_4F$ 용액처리군이

2136.9 ppm으로 NaF용액처리군의 1682.3 ppm보다 높게 나타나  $NH_4F$ 용액처리군에서 깊게 침투함을 보여주었다. 이는  $NH_4^+$ 이온의 존재시 침투성이 증가한다는 Grøn과 Caslavka<sup>7</sup>)의 보고와 일치한 소견을 보였다. 이상의 결과로 보아  $NH_4F$ 용액은 최소한 NaF용액과 동일하거나 더 높은 우식예방효과를 보여주었다.

법랑질에 APF와  $TiF_4$ 용액으로 처리시 불소함량은 APF가  $TiF_4$ 보다 높았다는 Wefel과 Harless<sup>27</sup>), Tveit 등<sup>11</sup>)와 Mundorff 등<sup>28</sup>)의 보고에서와 같이 본 연구에서도 APF gel처리군의 불소함량은 5960.7 - 2825.1 ppm으로  $TiF_4$ 처리군의 4356.9 - 2283.9 ppm보다 유의한 차이는 없었지만 높게 나타났다. 또한 법랑질 내산성의 측정결과에 의하면  $TiF_4$ 처리군이 0.039  $\mu g/mm^2$ 로 APF gel처리군의 0.0530  $\mu g/mm^2$ 와 유의한 차이는 없었으나 더 낮은 산에 대한 법랑질 용해도를 보여 법랑질 내산성이 APF보다  $TiF_4$ 가 더 효과적이었다는 Wefel과 Harless<sup>27</sup>), Mundorff 등<sup>28</sup>), Skartveit 등<sup>12</sup>)의 보고와 일치된 결과를 보였다.  $TiF_4$ 처리군이 APF gel처리군에 비해 불소흡착량이 적지만 산에 대한 내산성이 높은 것은 Ti이온이 법랑질 표면의 유기질과 복합체를 이루어 피막을 형성하며 Ti, F, P 등 또는  $TiO_2$ 로 구성된 피막 형태의 복합체에 의해 법랑질의 탈회를 억제하는 것으로 추정<sup>14,28</sup>)하고 있으며  $TiF_4$ 는 불소에 의한 영향뿐 아니라 법랑질 표면에 형성된 피막에 의해 법랑질의 산에 대한 저항성이 높은 것으로 보고되고 있다.

불소용액의 산도를 낮추면 법랑질의 부분적인 용해가 나타나 유리된 이온상태의 칼슘이 쉽게 불화칼슘을 형성<sup>1-3</sup>)하여 법랑질의 불소함량이 증가한다. 본 실험 결과에서도 APF gel처리군의 불소함량이 5960.7 - 2825.1 ppm으로서 NaF용액처리군의 2419.0 - 1682.3 ppm보다 유의하게 높게 나타나 일치된 결과를 보였다. 법랑질 내산성은 APF gel처리군이 0.053  $\mu g/mm^2$ 으로서 NaF용액처리군의 0.068  $\mu g/mm^2$ 보다 낮은 용해도를 보였으며, 법랑질 표면경도변화는 APF gel처리군이 43.3 VHN으로 NaF용액처리군의 27.5 VHN보다 높게 증가하였다.

Elmex gel처리군의 법랑질 불소함량은 2231.8 - 1475.8 ppm으로 다른 불화물보다 낮게 나타났으며 법랑질 표면경도도 24.0 VHN으로 비교적 낮은 증가를 보였으나 산에 대한 법랑질 용해도는  $0.061 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ 으로  $\text{TiF}_4$ 처리군 이외의 불소용액처리군과 유의한 차이는 없었다. 그러나 불화물로 널리 사용되고있는 NaF처리군의 법랑질 불소함량 및 내산성, 표면경도변화량과 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해 볼때 APF gel,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{TiF}_4$ 처리군이 비교적 높은 법랑질 불소함량과 표면경도의 증가 및 내산성을 보여 이 불화물의 사용이 불화물의 국소도포에 의한 치아우식예방 효과를 증진하는데 효과적이라 사료되었다. 또한 불화물의 효과는 구강내 여러 요인에 의해 영향을 받으므로 불화물의 우식예방효과를 비교하기 위해서는 임상실험이 함께 시행되어야 하며, 향후 불화물의 작용기전을 구명하고 불화물의 치아우식예방효과 증진을 위한 다각적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

불화물의 종류에 따른 법랑질 우식예방효과를 비교 분석하고자, NaF,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{TiF}_4$ , APF gel, Elmex gel 등 5종의 불화물을 인공우식병소에도포한 후 pH순환과정으로 반복 처리하여 법랑질 불소함량, 내산성 및 법랑질 표면경도를 비교한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 인공우식 법랑질에서의 법랑질 불소함량은 10 - 20  $\mu\text{m}$  깊이에서 APF gel처리군과  $\text{TiF}_4$  용액처리군이 각각 5960.7 - 2825.1 ppm, 4356.9 - 2283.9 ppm으로서 다른 불소용액처리군보다 높게 나타났다.
2.  $\text{TiF}_4$ 용액처리군의 법랑질 용해도는  $0.039 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ 으로 APF gel처리군의  $0.053 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ 과 유의한 차이는 없었으나 이외의 불소용액처리군보다 높았다.
3. 불소용액 처리에 의해 표면경도는 증가하였으며 특히 APF gel처리군이 대조군보다 유의

한 증가를 보였다.

4. APF gel,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{TiF}_4$ 용액처리군은 비교적 높은 법랑질 불소함량과 내산성 및 표면경도의 증가를 보였다.

## 참고 문헌

1. 김종배, 최유진, 백대일, 신승철 : 예방치학, 고문사, pp.89-113, 1987.
2. Mellberg, J.G., Ripa, L.W., and Leske, G.S. : Fluoride in preventive dentistry, theory and clinical application, Quintessence, pp.151-179, 1983.
3. Wei, S.H.Y. : Clinical uses of fluorides. Lea & Febiger, pp.25-34, 1985.
4. 최정수, 홍석진 : 불소용액이 우식법랑질의 표면경도, 우식병소깊이 및 내산성에 미치는 영향, 전남치대논문집, 2:323, 1990.
5. 이상대, 홍석진 : 불화물도포에 의한 법랑질의 표면변화와 불소함량에 관한 연구. 전남치대논문집, 1:283, 1989.
6. Caslavka, V., Gron, P., Stern, D., and Skobe, Z. : Chemical and morphologic aspects of fluoride acquisition by enamel from topical application of ammonium fluoride with ammonium monofluorophosphate. Caries Res., 16:170, 1982.
7. Grøn, P., and Caslavka, V. : Fluoride deposition in enamel from application of sodium, potassium, or ammonium fluoride. Caries Res., 15:459, 1981.
8. Caslavka, V., Brudevold, F., Vrbic, V., and Moreno, E.C. : Response of human enamel to topical application of ammonium fluoride. Arch. Oral Biol., 16:1173, 1971.
9. Ringleberg, M.L., Webster, D.B., and Dixon, D.O. : Effects of an amine fluoride dentifrice and mouthrinse on the dental caries of school children after 18 months. J. Prev. Dent., 5:26, 1978.
10. Duschner, H., and Uchtmann, H. : Effect of sodium fluoride, stannous fluoride, amine hydrofluoride and sodium monofluorophosphate on the formation of precipitates adhering to bovine enamel. Caries Res., 22:65, 1988.
11. Tveit, A.B., Klinge, B., Totdal, B., and Selvig, K.A. : Long term retention of  $\text{TiF}_4$  and  $\text{SnF}_2$  after topical application to dentin in dogs. Scan. J. Dent. Res., 96:536, 1988.

12. Skartveit, L., Tveit, A.B., Klinge, B., Totdal, B. and Selvig, K.A. : In vivo uptake and retention of fluoride after a brief application of  $TiF_4$  to dentin. *Acta Odontol. Scand.*, 47:65, 1989.
13. Tveit, A.B., Totdal, B., Klinge, B., Nilveus, R., and Selvig, K.A. : Fluoride uptake by dentin surfaces following topical application of  $TiF_4$ , NaF and fluoride varnishes in vivo. *Caries Res.*, 19:240, 1985.
14. Wei, S.H.Y., Soboroff, D.M., and Wefel, J.S. : Effects of titanium fluoride on human enamel. *J. Dent. Res.*, 55:426, 1976.
15. Hals, E., Tveit, A.B., Totdal, B., and Isrenn, R. : Effects of NaF,  $TiF_4$  and APF solutions on root surfaces in vitro, with special reference to uptake of F. *Caries Res.*, 15:468, 1981.
16. White, D.J. : Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. II. Effects on subsurface lesions : F uptake, F distribution, surface hardening and remineralization. *Caries Res.*, 22:27, 1988.
17. Mellberg, J.R., and Mallon, D.E. : Acceleration of remineralization in vivo by sodium monofluorophosphate and sodium fluoride. *J. Dent. Res.*, 63:1130, 1984.
18. Iijima, Y., and Koulourides, T. : Mineral density and fluoride content of in vitro remineralized lesions. *J. Dent. Res.*, 67:577, 1988.
19. Gerrard, W.A., and Winter, P.J. : Evaluation of toothpastes by their ability to assist rehardening of enamel in vitro. *Caries Res.*, 20:209, 1986.
20. Mellberg, J.R. : Monofluorophosphate utilization in oral preparations ; Laboratory observations. *Caries Res.*, 17:102, 1983.
21. Mellberg, J.R., and Chomicki, W.G. : Effect of soluble calcium on fluoride uptake by enamel from sodium monofluorophosphate. *J. Dent. Res.*, 61:1394, 1983.
22. Kirkegaard, E. : In vitro fluoride uptake in human dental enamel from various fluoride solutions. *Caries Res.*, 11:16, 1977.
23. White, D.J. : Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. I. Effects on early caries lesions : F uptake, surface hardening and remineralization. *Caries Res.*, 21:126, 1987.
24. 이상대, 홍석진 : 법랑질에 국소도포된 불화물의 효과에 관한 X-선광전자분광기 및 주사전자현미경적 연구, 대한구강보건학회지, 15:217, 1991.
25. 이상대, 홍석진 : 인공우식법랑질에 대한 불화물의 도포효과에 관한 비교연구. 대한구강보건학회지, 17:167, 1993.
26. Arends, J., and Schuthof, J. : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing-an in vitro study. *Caries Res.*, 9:363, 1975.
27. Wefel, J.S., and Harless, J.D. : The effect of topical fluoride agents on fluoride uptake and surface morphology. *J. Dent. Res.*, 60:1842, 1981.
28. Mundorff, S.A., Little, M.F., and Bibby, B.G. : Enamel dissolution : II. action of titanium tetrafluoride. *J. Dent. Res.*, 51:1567, 1972.

---

- ABSTRACT -

## The Effect of Fluoride Agents on Artificial Carious Lesion - Fluoride Uptake, Enamel Solubility, and Microhardness -

**Woo-Cheon Kee\***, D.D.S., Ph.D., **Suk-Jin Hong\*\***, D.D.S., Ph.D.,  
**Sang-Dae Lee\*\***, D.D.S., Ph.D., **Seong-Soog Jeong\*\***, M.S., **Byung-Gook Kim\***, D.D.S., M.S.D.

*\* Department of Oral Medicine, and \*\* Department of Preventive Dentistry  
College of Dentistry, Chonnam National University*

This study was performed to compare the anticariogenic effects of different fluoride agents( NaF, NH<sub>4</sub>F, TiF<sub>4</sub>, APF gel, Elmex gel ) on artificial carious lesion. Enamel samples treated with 5 kinds of fluoride agents by pH cycling method were evaluated for fluoride uptake, enamel solubility, and microhardness.

The results were as follows ;

1. Greater fluoride uptakes were obtained in carious lesion treated with APF gel and TiF<sub>4</sub> solution than in that treated with other fluoride solutions.
2. TiF<sub>4</sub> group was more resistant to acid than other groups, but it was not significantly different with APF gel group.
3. Surface of enamel specimen was hardened by fluoride application and pH cycling. APF gel was more effective on enhancing surface hardness than control group.
4. APF gel, NH<sub>4</sub>F, TiF<sub>4</sub> solution were effective on fluoride uptake, enamel solubility, and microhardness.