

# 합성수산화인회석과 법랑질에 대한 불화물의 도포효과에 관한 비교연구

전남대학교 치과대학 구강내과학교실\* · 예방치과학교실\*\*

이 상 대\*\* · 홍 석 진\*\* · 기 우 천\*

## 목 차

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

## I. 서 론

많은 임상연구를 통하여 불화물의 치아우식증 예방효과 및 안전성이 인정된 이래 불화물은 다양한 방법으로 이용되고 있다<sup>1-3)</sup>. 치아우식증을 효과적으로 예방하기 위해 불화물의 작용기전, 사용방법에 관한 연구 및 불화물의 효과를 증진시키기 위한 연구와 함께 치아우식 예방효과가 우수한 불화물에 관한 연구가 다각적으로 연구되어 왔다<sup>1-6)</sup>.

불화물 중 sodium fluoride(이하 NaF), stannous fluoride(이하 SnF<sub>2</sub>), sodium monofluorophosphate(이하 Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F) 등은 불소국소도포용 및 불소함유치약 등에 널리 사용되고 있다<sup>4-6)</sup>. 또한 이들 불화물보다 효과적인 불화물에 대한 연구가 진행되어 ammonium fluoride(이하 NH<sub>4</sub>F)<sup>7-9)</sup>, amine fluoride<sup>10-11)</sup>, titanium fluoride (이

하 TiF<sub>4</sub>)<sup>12-16)</sup> 등 여러 가지 불화물의 우식예방효과에 대해 보고되고 있다. Caslavská 등<sup>7)</sup>, Grøn과 Caslavská<sup>8)</sup>, Caslavská 등<sup>9)</sup>은 NH<sub>4</sub>F가 법랑질에 다량의 불화칼슘을 형성하고 법랑질 내로 불화물이 깊게 침투하여 법랑질 불소함량이 높고 또한 내산성도 우수하다고 보고하였다. Tveit 등<sup>12)</sup>, Skartveit 등<sup>13)</sup>, Hals 등<sup>16)</sup>은 TiF<sub>4</sub>를 법랑질에 도포 시 법랑질 표면에 내산성의 Ti 피막을 형성하여 법랑질 용해도를 감소시키고, 법랑질의 불소함량을 증가시키며, 임상적 효과도 높다고 보고하였다. 또한 SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub> 등은 불소이온에 의한 효과뿐 아니라 부수적으로 Sn<sup>2+</sup>, Ti<sup>4+</sup> 등의 양이온이 불소이온 및 법랑질의 수산화인회석과 결합하여 복합체를 만들어 법랑질내 불소함량과 용해도 및 구강 내 미생물에 영향을 미친다고 보고<sup>6,12)</sup>되었다. 불화물 중 이와 홍<sup>4)</sup>, 이와홍<sup>5)</sup>은 높은 법랑질 불소함량과 낮은 법랑질 용해도를 보인 NH<sub>4</sub>F와 TiF<sub>4</sub>의 사용이 불화물의 국소도포에 의한 치아우식예방에 효과적이라 보고하는 등 다양한 불화물에 관한 연구가 보고<sup>4-12)</sup>되고 있다. 불화물의 작용기전 및 우식예방효과에 관한 논란이 계속되고 있는 현 시점에서 다양한 불화물의 효과를 단정하기는 어려우므로 여기에는 이를 구체적으로 보완 증명할 많은 연구가 필요하다 하겠다.

이에 저자는 불화물의 종류에 따른 치아우식 예방효과를 pH 및 불소의 농도에 따라 비교하여

우식에 방효과가 우수한 불화물을 찾고, 또한 이의 효과를 증진시키기 위한 방안을 모색하고자, 실험실적 방법으로 불소용액의 pH 및 불소 농도에 따른 합성수산화인회석에 대한 불소흡착량과 건전 법랑질에 대한 법랑질 불소함량 및 법랑질 용해도를 측정하여 의의있는 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

실험 재료로 치아우식증이 없고 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 영구절치와 합성수산화인회석(Sigma co., Type IV)을 사용하였다. 불화물로는 NaF(Fluka chemical co.),  $\text{NH}_4\text{F}$ (Shinyo pure chemicals co.),  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ (ICN biomedical co.),  $\text{SnF}_2$ (Kokusen chemical co.),  $\text{TiF}_4$ (Aldrich chemical co.)를 사용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 치아 시편의 제작

법랑질 불소함량 및 용해도 측정을 위한 시편의 경우 소의 영구절치를 선택하여 치아의 치근부를 제거하고 치관부를 증류수로 수세한 후 우식병소의 탈회정도의 차이를 줄이기 위해 5%  $\text{HClO}_4$  용액에서 15분 동안 처리하여 rubber cup에 300 mesh silicone oxide paste를 묻혀 세마한 후, 15분 동안 초음파 세정기로 세척하여 건조시켰다<sup>17)</sup>.

치아의 순면부 평활면을  $5 \times 5$  mm 크기로 절단하여 시편을 제작하였으며, 법랑질 표면에 접착 테이프(3M Co., No.471)와 바니쉬를 사용하여 직경 3mm의 원형 노출면을 형성하였다.

#### 2) 합성수산화인회석의 표면적 측정

합성수산화인회석의 단위 표면적당 불소흡착량을 산출하기 위해 합성수산화인회석의 표면적을 입도분석기(Master sizer, Malvern, England)로 측정한 결과 표면적은  $0.5374 \text{ m}^2/\text{gm}$ 이었다.

#### 3) 합성수산화인회석의 불소흡착량 측정

0.025 M NaCl 용액이 첨가된 25ml의 이차증류수에 0.25gm의 합성수산화인회석을 첨가하였고 1시간 후 이 용액에 25ml의 불소용액을 혼합하여 1시간 동안 불소용액을 처리하였다. 혼합된 50ml내의 불소용액농도는 10, 20, 40, 70, 100, 200, 400, 700, 1,000, 2,000ppm이었으며 불소용액 중 NaF,  $\text{NH}_4\text{F}$  용액은 pH 7.0과 pH 4.0,  $\text{SnF}_2$  용액은 pH 4.0,  $\text{TiF}_4$  용액은 pH 1.5,  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$  용액은 pH 7.0으로 조절하여 처리하였다. 1시간 후 여과지(Toyo Roshi Kaisha, Ltd. No. 3, Japan)로 합성수산화인회석을 여과하였다. 합성수산화인회석을 용액에 처리 전의 불소용액농도와 처리 후 여과된 용액의 불소이온농도를 이온분석기(EA-940, Orion res. co., U.S.A.)로 측정하여 합성수산화인회석에 흡착된 불소흡착량을 산출하였다. 불소흡착량은 이상의 과정을 2회 반복하여 평균치를 취하였다.

#### 4) 법랑질 불소함량

법랑질 불소함량과 용해도 측정을 위해 건전 법랑질 시편을 1,000ppm의 6종 불소용액에 10분간 처리하였으며 대조군은 불소용액을 처리하지 않았다. 각 불소용액은 pH를 조정하지 않은 상태로 도포하였다. 이때 용액의 pH는 각각 NaF가 7.1,  $\text{NH}_4\text{F}$ 가 5.6,  $\text{SnF}_2$ 가 4.3,  $\text{TiF}_4$ 가 1.5,  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ 가 6.7이었다.

불소용액으로 처리된 시편 중 법랑질 불소함량 측정을 위한 건전 법랑질 시편을 0.1 N  $\text{HClO}_4$  용액 1ml에 30초, 1분, 1분 간격으로 3회 연속 부식시켰고 매회 부식시 pH 5.2로 조절된 TISAB II(Total Ionic Strength Adjustment Buffer) 1ml로 세정하였다.

부식용액 2ml중 1.9ml를 취하여 이온분석기에 불소이온전극(9609BN, Orion Res. Co., U.S.A.)을 장착하고 1ppm, 2ppm, 10ppm의 표준불소용액으로 감응성을 조정한 후 불소이온농도를 측정하였다.

부식용액 2ml중 나머지 0.1ml를 0.5% lanthanum chloride 용액 2.9ml에 첨가하여 혼합하였다. 용액 중의 Ca이온농도는 원자흡광분광기(

Instrumentation Lab. Co., U.S.A.)를 이용하여 1ppm, 5ppm, 10ppm의 표준용액으로 감응성을 조정 한 후 측정하였다.

법랑질 표면의 불소함량은 인공우식병소의 법랑질 비중이 2.95gm/cm<sup>3</sup>, 법랑질 내 Ca함량이 36%<sup>18)</sup>로 하여 법랑질 부식층별 불소농도, 부식층 두께를 다음의 식에 의해 계산한 다음 법랑질 표면으로부터 10μm, 15μm, 20μm, 30μm 깊이 에 대해 회귀방정식 (Y = a+b log X, Y : 불소농도, X : 법랑질 깊이)에 의해 각 깊이에 대한 불소함량을 계산하였다<sup>19)</sup>.

$$F(\text{ppm}) = 10^6 \times (\text{fluoride weight} / \text{enamel weight}) \\ = \{ [F] / [Ca] \} \times 0.36 \times 10^6$$

[F] : F concentration in the sample  
[Ca] : Ca concentration in the sample

#### 5) 법랑질 용해도 측정

법랑질 용해도를 측정하기 위해 불소용액으로 처리된 건전 법랑질 시편을 1주일 동안 37°C에서 pH 5.0으로 조절된 3ml의 2.2mM Ca(NO<sub>3</sub>), 2.2mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 50mM acetate 완충용액에 처리<sup>20)</sup>한 후, 3ml의 0.5% lanthanum chloride용액을 첨가하여 원자흡광분광기로 Ca 양을 측정하였다.

이상의 측정 자료에 대한 유의성은 ANOVA와 Duncan's multiple-range test로 검정하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 합성수산화인회석의 불소흡착량

합성수산화인회석의 불소흡착량은 불소용액의 농도가 높을수록 불소흡착량도 증가하였다. NH<sub>4</sub>F용액 처리 시는 pH 7.0에서 25.9-1,019.2 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>, pH 4.0에서 24.5-4,574.5 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>, NaF용액 처리 시는 pH 7.0에서 24.1-880.0 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>, pH 4.0에서 21.9-3, 101.0 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>으로 pH 7.0보다 pH 4.0에서 불소흡착량이 많았다. Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액 처리 시는 pH 7.0에서 9.4-203.6 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>이었고, SnF<sub>2</sub>용액 처리 시는 pH 4.0에서 14.5-997.2 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>이었으며, TiF<sub>4</sub>용액 처리 시는 pH 1.5에서 3.8-1,757.5 × 10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>이었다(Table 1).

#### 2. 법랑질 불소함량

법랑질 불소함량은 10μm 깊이에서 NH<sub>4</sub>F용액 처리군이 2,530ppm으로 가장 높았으며 NaF, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub>용액처리군은 각각 2,147, 2,092, 1,983 ppm으로 서로 유의한 차이는 없었으나 Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군의 775 ppm보다 높았다. 15μm 깊이에서는 NH<sub>4</sub>F용액처리군이 2,150ppm으로 NaF용액처리군의 1,874ppm을 제외한 불소용액 용액

**Table 1.** Fluoride adsorption (×10<sup>-4</sup> mol F/m<sup>2</sup>) on synthetic hydroxyapatite under various conditions of fluoride solution treatment

Treated group	Solution fluoride(ppm)										
	pH	10	20	40	70	100	200	400	700	1,000	2,000
NH <sub>4</sub> F	7.0	25.9	34.8	56.6	77.7	85.3	139.8	213.3	350.8	632.8	1,019.2
	4.0	24.5	40.5	71.8	100.5	173.5	676.0	1,080.8	2,090.5	2,958.0	4,574.
NaF	7.0	24.1	37.1	58.5	73.3	90.9	129.9	232.6	316.4	536.4	880.0
	4.0	21.9	29.5	51.5	75.4	222.1	655.0	1,318.4	2,053.4	2,661.0	3,101.0
Na <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> F	7.0	9.4	16.8	30.4	42.4	56.9	72.5	93.7	110.8	180.8	203.6
SnF <sub>2</sub>	4.0	14.5	23.9	34.1	36.8	87.3	152.5	226.0	633.8	709.1	997.2
TiF <sub>4</sub>	1.5	3.8	17.0	25.8	37.3	79.6	221.5	254.1	681.6	930.7	1,757.5

**Table 2.** Fluoride uptake(ppm  $\pm$  S.D.) in sound enamel at the consecutive depths.

Treated group	Fluoride uptake			
	10 $\mu$ m	15 $\mu$ m	20 $\mu$ m	30 $\mu$ m
NH <sub>4</sub> F	2,530 $\pm$ 595	2,150 $\pm$ 466	1,880 $\pm$ 377	1,500 $\pm$ 262
NaF	2,147 $\pm$ 380	1,874 $\pm$ 326	1,681 $\pm$ 291	1,408 $\pm$ 250
SnF <sub>2</sub>	2,092 $\pm$ 401	1,823 $\pm$ 342	1,631 $\pm$ 309	1,362 $\pm$ 282
TiF <sub>4</sub>	1,983 $\pm$ 381	1,714 $\pm$ 316	1,253 $\pm$ 274	1,254 $\pm$ 222
Na <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> F	775 $\pm$ 148	690 $\pm$ 123	630 $\pm$ 107	546 $\pm$ 89

N=10, Values outside brackets are significantly different at p < 0.05.

**Table 3.** Calcium output(mg/cm<sup>2</sup> · 24h  $\pm$  S.D.) of sound enamel during reduced enamel solubility test.

Treated group	calcium output
Control	0.954 $\pm$ 0.118
Na <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> F	0.739 $\pm$ 0.120
NaF	0.736 $\pm$ 0.159
SnF <sub>2</sub>	0.731 $\pm$ 0.151
TiF <sub>4</sub>	0.723 $\pm$ 0.120
NH <sub>4</sub> F	0.693 $\pm$ 0.137

N=10, Values outside bracket are significantly different at p < 0.05.

처리군보다 높았으며, NaF, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub>용액처리군은 서로 유의한 차이는 없었으나 Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군의 690ppm보다 높았다. 20 $\mu$ m 깊이에서는 NH<sub>4</sub>F용액처리군이 1,880ppm으로 NaF, SnF<sub>2</sub>용액처리군의 1,681, 1,631ppm과 유의한 차이는 없었으나 TiF<sub>4</sub>용액처리군보다 높았으며, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군은 630ppm으로 가장 낮았다. 30 $\mu$ m 깊이에서는 NH<sub>4</sub>F, NaF, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub>용액처리군은 서로 유의한 차이는 없었으나, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군보다 높았다 ( Table 2 ).

### 3. 법랑질 용해도

법랑질 용해도는 NH<sub>4</sub>F, TiF<sub>4</sub>, SnF<sub>2</sub>, NaF, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군이 각각 0.693, 0.723, 0.731, 0.736, 0.739mg/cm<sup>2</sup> · 24h 순으로 높았으며, 대조군의 0.770 mg/cm<sup>2</sup> · 24h보다 유의하게 낮았다( Table 3 ).

### IV. 총괄 및 고찰

치아우식증을 예방하기 위한 불화물은 NaF, NH<sub>4</sub>F, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F, AlF<sub>3</sub>, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub>, KF, amine fluoride, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, Na<sub>2</sub>SnF<sub>6</sub> 등 여러 종류가 있으며, 각각의 작용기전 및 우식예방효과에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다<sup>1-9)</sup>. 본 연구의 주 목적은 NaF, NH<sub>4</sub>F, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub> 등의 우식 예방효과를 비교하여 치아우식증을 효과적으로 예방할 수 있는 방안을 모색하는 것이다.

치아우식증을 예방하기 위해 불화물의 첨가 시 불소농도가 약 1,000ppm이어야 한다는 Murray와 Rugg-Gunn의 보고<sup>21)</sup>와 현재 대부분의 치약이 1,000ppm을 기준으로 불화물을 첨가하고 있는 점을 고려하여 법랑질 불소함량 및 용해도 측정 시 실험대상의 불소용액농도를 1,000ppm으로 하였다.

법랑질의 불소침착은 불소용액의 산도, 도포 시간 및 도포횟수 등에 의해 영향<sup>1-3)</sup>을 받으므로 불소용액의 산도에 따른 불소흡착량을 비교하고자 NaF, NH<sub>4</sub>F용액은 pH 7.0과 pH 4.0으로 조절하여 측정하였다. 그러나 Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액은 pH 6.0 이하에서 SnF<sub>2</sub>용액은 pH 4.0 이상에서 가수분해<sup>11)</sup>가 일어나므로 각각 Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액은 pH 7.0, SnF<sub>2</sub>용액은 pH 4.0에서만 측정하였다. TiF<sub>4</sub>용액은 pH를 알칼리성용액으로 조절하면 용액에 침전이 나타나기 때문에 Wefel과 Harless의 보고<sup>22)</sup>에서와 같이 pH 1.5로 하여 측정하였다.

합성수산화인회석의 불소흡착량은 NaF와 NH<sub>4</sub>F용액처리군의 pH 7.0에서는 각각 24.1-880.0×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>, 25.9-1,019.2×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>, pH 4.0에서 각각 21.9-3,101.0×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>, 24.5-4,574.5×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>으로 pH 7.0보다 pH 4.0에서 불소흡착량이 현저히 증가하였다. 따라서 NaF와 NH<sub>4</sub>F용액은 산성으로 사용하는 것이 불소흡착량을 높여 불화물의 효율을 높인다고 사료된다. 이는 불소용액의 산도를 낮추면 법랑질의 부분적인 용해가 나타나 유리된 이온상태의 칼슘이 쉽게 불화칼슘을 형성하여 법랑질의 불소농도가 증가한다는 보고<sup>2)</sup>와 일치된 결과라 할 수 있다.

NH<sub>4</sub>F용액은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>이온이 법랑질의 유리와 침착에 영향을 미쳐 법랑질 불소함량을 높이며 또한 법랑질 표면에 NaF처리 시 형성되는 입자보다 오래 잔존하는 CaF<sub>2</sub>와 유사한 내산성 물질을 형성한다고 보고<sup>7-9)</sup>되고 있다. NH<sub>4</sub>F용액처리군의 법랑질불소함량은 10-30μm 깊이에서 2,530ppm-1,500ppm으로 NaF용액처리군의 2,147ppm-1,408ppm보다 높았으며, 법랑질 용해도의 경우에서도 NH<sub>4</sub>F용액처리군이 0.693mg/cm<sup>2</sup>·24h으로 NaF용액처리군의 0.736mg/cm<sup>2</sup>·24h와 유의한 차이는 없었으나 더 낮은 산에 대한 용해도를 보였다. 이는 pH 6.0에서 동일 농도로 법랑질에 도포 시 NH<sub>4</sub>F용액의 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>이온에 의해 불소의 잔존율이 높아 치아우식예방효과가 우수하다고 Arends와 Schuthof<sup>23)</sup>, Caslavaska 등<sup>9)</sup>의 보고와 일치하였으며, 또한 NH<sub>4</sub>F가 CaF<sub>2</sub>와 유사한 내산성 물질을 형성하여 법랑질 용해도가 낮다

는 보고<sup>23)</sup>와 같이 법랑질 용해도 또한 낮았다. 이러한 결과로 볼 때 NH<sub>4</sub>F용액은 NaF용액과 최소한 동일한 우식예방효과를 보이는 것으로 나타났다.

SnF<sub>2</sub>는 치약에 첨가하여 사용 시 치약 내 다른 구성성분에 의해 가수분해되어 불활성화하므로 치약에 첨가하는 것이 제한되었다.<sup>24)</sup> 그러나 용액에서는 용액의 산도를 조정하지 않거나 이 물질을 첨가하지 않으면 가수분해를 줄일 수 있다.<sup>4)</sup> 또한 이를 법랑질에 도포 시 불화물의 효과뿐 아니라 Sn의 침착으로 인한 효과를 기대할 수 있다.<sup>12)</sup> SnF<sub>2</sub>용액처리군은 합성수산화인회석의 불소흡착량이 14.5-997.2×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>로서 pH 7.0의 NaF용액처리군의 24.1-880.0×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>과 차이가 없었다. 또한 법랑질 불소함량 및 용해도도 각각 2,092-1,362ppm, 0.731mg/cm<sup>2</sup>·24h로서 NaF용액처리군의 2,147-1,408ppm, 0.736mg/cm<sup>2</sup>·24h과 유의한 차이가 없었으나 대조군보다는 법랑질의 불소함량과 내산성이 높았다.

TiF<sub>4</sub>는 내산성의 Ti피막을 법랑질 표면에 형성한다. 이는 법랑질의 유기체와 복합체를 형성하며 이 복합체가 법랑질과 불소를 연결하는 것으로 보고<sup>12,13)</sup>되고 있다. 이러한 내산성의 피막의 형성으로 법랑질 용해도를 감소시키고 불소함량을 증가시키는 등 임상적 효과가 높다고 보고<sup>12-16)</sup>되고 있다.

TiF<sub>4</sub>용액처리군의 법랑질 용해도는 0723 mg/cm<sup>2</sup>·24h로서 대조군의 0.954 mg/cm<sup>2</sup>·24h보다 낮게 나타나 Shrestha 등<sup>25)</sup>, Wefel<sup>26)</sup>의 보고에서와 같이 TiF<sub>4</sub>용액 처리 시 법랑질 표면에 형성된 피막이 법랑질의 산에 대한 저항성을 높인 것으로 사료된다. TiF<sub>4</sub>용액처리 시 NaF용액에서 보다 법랑질 불소함량이 높았다는 Mundorff 등<sup>27)</sup>의 보고에서처럼 본 실험에서도 합성수산화인회석의 불소흡착량은 1,000ppm에서 930.7×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>로서 pH 7.0의 NaF용액처리군의 536.4×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>보다 높았으나 법랑질 불소함량 및 용해도는 유의한 차이가 없었다.

Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F용액처리군의 합성수산화인회석의 불소흡착량이 9.4-203.6×10<sup>-4</sup>mol F/m<sup>2</sup>, 법랑질

불소함량이 775-546ppm으로 다른 불화물에 비해 낮았다. 이 결과에 의하면  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ 가 낮은 우식예방효과를 갖는 것으로 간주할 수 있으나, 법랑질 용해도가  $0.739\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot 24\text{h}$ 로서 다른 불소용액처리군과 유의한 차이는 없었고,  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ 가 유리불소이온이 아닌  $\text{PO}_3\text{F}$ 이온이 법랑질의 수산화인회석과 반응<sup>28)</sup>하며, 또한 구강 내에서 불화물 효과가 타액이나 치면세균막에 의해 복합적으로 영향을 받으므로 불화물의 효과를 단정하기는 어렵다.

본 연구에서 합성수산화인회석의 불소흡착량, 법랑질불소함량 및 용해도를 종합해 볼 때,  $\text{NH}_4\text{F}$ 의 사용이 불화물의 국소도포에 의한 치아우식 예방효과를 증진하는데 효과적이라고 생각되었으며,  $\text{TiF}_4$ 와  $\text{SnF}_2$ 의 경우 유사한 우식예방효과를 나타내는 것으로 나타나 치아우식예방을 위해  $\text{TiF}_4$ 의 사용도 효과적이라고 사료되었다. 그러므로 이를 구체적으로 보완 증명할 연구와 함께 이의 활용방안에 관한 연구가 요청되었으며, 향후 불화물의 작용기전을 규명하고 불화물의 치아우식예방효과를 증진하기 위한 다각적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

불화물의 종류에 따른 치아우식예방효과를 비교하여 불화물의 우식예방효과를 증진시키기 위한 방안을 모색하고자,  $\text{NaF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ ,  $\text{SnF}_2$  및  $\text{TiF}_4$ 용액으로 pH 및 불소농도에 따라 1시간 동안 처리하여 합성수산화인회석에 대한 불소흡착량을 측정하였고, 건전 법랑질에 대해 1,000ppm의 불소용액으로 10분간 처리하여 법랑질 불소함량 및 용해도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 합성수산화인회석에 대한 불소흡착량은 용액의 불소농도가 증가함에 따라 점진적으로 증가하였다. 1,000ppm의 불소용액 처리 시 pH 4.0의  $\text{NH}_4\text{F}$ 와  $\text{NaF}$ 용액처리군이 각각  $2,958.0$ ,  $2,661.0 \times 10^4 \text{mol F}/\text{m}^2$ 으로 비교적 많았으며,  $\text{NH}_4\text{F}$ 와  $\text{NaF}$ 용액처리군은 pH 7.0에서 보다

pH 4.0에서 불소흡착량이 많았다.

2. 법랑질 불소함량은  $\text{NH}_4\text{F}$ 용액처리군이 2,530-1,276ppm으로 비교적 높았고  $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$ 용액처리군은 이외의 불소용액처리군보다 775 - 486ppm으로 낮았다.
3. 법랑질 용해도는 불소용액처리군간 유의한 차이가 없었으나  $\text{NH}_4\text{F}$ 용액처리군이  $0.546 \text{mg}/\text{cm}^2 \cdot 24\text{h}$ 으로 비교적 낮았다.
4.  $\text{SnF}_2$ ,  $\text{TiF}_4$ 용액처리군의 불소흡착량, 법랑질 불소함량 및 용해도는 서로 유의한 차이가 없었다.

## 참고 문헌

1. 김종배, 최유진, 백대일, 신승철, 김동기 : 임상예방치학, 이우출판사, pp.193-218, 1991.
2. Mellberg JG, Ripa LW, and Leske GS : Fluoride in preventive dentistry, theory and clinical application, Quintessence, pp.151-179, 1983.
3. Wei SHY : Clinical uses of fluorides. Lea & Febiger, pp.25-34, 1985.
4. 이상대, 홍석진 : 법랑질에 국소도포된 불화물의 효과에 관한 X-선광전자분광기 및 주사전자현미경적 연구, 대한구강보건학회지, 15:217, 1991.
5. 이상대, 홍석진 : 인공우식법랑질에 대한 불화물의 도포효과에 관한 비교연구. 대한구강보건학회지, 17: 167, 1993.
6. Skartveit L, Gjerdet NR, and Selvig KA : Release of fluoride and metal ions from root surfaces after topical application of  $\text{TiF}_4$ ,  $\text{SnF}_2$ , and  $\text{NaF}$  in vitro. Acta Odontol Scand, 49:127, 1991.
7. Caslavskva V, Grøn 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.
8. Grøn P, and Caslavskva V : Fluoride deposition in enamel from application of sodium, potassium, or ammonium fluoride. Caries Res, 15:459, 1981.
9. Caslavskva V, Brudevold F, Vrbic V, and Moreno EC : Response of human enamel to topical application of ammonium fluoride. Arch Oral Biol, 16:1173, 1971.
10. Ringleberg ML, Webster DB, and Dixon DO : Eff-

- 
- ects of an amine fluoride dentifrice and mouthrinse on the dental caries of school children after 18 months. *J Prev Dent*, 5:26, 1978.
11. 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.
  12. Tveit AB, Klinge B, Totdal B, and Selvig KA : Long term retention of  $TiF_4$  and  $SnF_2$  after topical application to dentin in dogs. *Scan. J Dent Res*, 96:536, 1988.
  13. Skartveit L, Tveit AB, Klinge B, Totdal B, and Selvig KA : In vivo uptake and retention of fluoride after a brief application of  $TiF_4$  to dentin. *Acta Odontol Scand*, 47:65, 1989.
  14. Tveit AB, Totdal B, Klinge B, Nilveus R, and Selvig KA : Fluoride uptake by dentin surfaces following topical application of  $TiF_4$ , NaF and fluoride varnishes in vivo. *Caries Res*, 19:240, 1985.
  15. Skartveit L, Selvig KA, Myklebust S, and Tveit AB : Effect of  $TiF_4$  solutions on bacterial growth in vitro and on tooth surfaces. *Acta Odontol Scand*, 48:169, 1990.
  16. Hals E, Tveit AB, 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.
  17. Mellberg JR and Mallon DE : Acceleration of remineralization in vivo by sodium monofluorophosphate and sodium fluoride. *J Dent Res*, 63:1130, 1984.
  18. Mellberg JR : Monofluorophosphate utilization in oral preparations ; Laboratory observations. *Caries Res*, 17:102, 1983.
  19. Mellberg JR and Chomiccki WG : Effect of soluble calcium on fluoride uptake by enamel from sodium monofluorophosphate. *J Dent Res*, 61:1394, 1983.
  20. Cate JM ten and Rempt HE : Comparison of the in vivo effect of a 0 and 1,500ppm F MFP toothpaste on fluoride uptake, acid resistance and lesion remineralization. *Caries Res*, 20:193, 1986.
  21. Murray JJ and Rugg-Gunn AJ : Fluorides in caries prevention, 2nd ed. John Wright & Sons, Bristol, pp.100-121, 1982.
  22. Wefel JS and Harless JD : The effect of topical fluoride agents on fluoride uptake and surface morphology. *J Dent Res*, 60:1842, 1981.
  23. Arends J and Schuthof J : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing - an in vitro study. *Caries Res*, 9:363, 1975.
  24. Nikiforuk G : Understanding dental caries, 2. prevention, basic and clinical aspect, Karger, pp. 87-112, 1985.
  25. Shrestha BM, Mundorff SA, and Bibby BG : Enamel dissolution ; I. Effects of various agents and titanium tetrafluoride. *J Dent Res*, 51:1561, 1972.
  26. Wefel JS : Artificial lesion formation and fluoride uptake after  $TiF_4$  applications. *Caries Res*, 16:26, 1982.
  27. Mundorff SA, Little MF, and Bibby BG : Enamel dissolution ; II. Action of titanium tetrafluoride. *J Dent Res*, 51:1567, 1972.
  28. Duff EJ : Reaction of monofluorophosphate with apatitic substrates. *Caries Res*, 17(suppl. 1):77, 1983.

---

- ABSTRACT -

## EFFECT OF TOPICAL FLUORIDE AGENTS ON SYNTHETIC HYDROXYAPATITE AND ENAMEL

Sang-dae Lee\*, D.D.S., Suk-jin Hong\*, D.D.S., Woo-cheon Kee\*\*, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

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

This study was performed to compare the anticariogenic effect of the different fluoride agents ( NaF, NH<sub>4</sub>F, Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F, SnF<sub>2</sub>, TiF<sub>4</sub> ) on synthetic hydroxyapatite and enamel. The amount of fluoride adsorbed in synthetic hydroxyapatite under various concentrations and pH of these fluoride solutions was measured by specific electrode. Enamel samples treated with 5 kinds of 1,000ppm fluoride solutions for 10 minutes were evaluated for fluoride uptake and enamel solubility.

The results were as follows.

1. The adsorption of fluoride on synthetic hydroxyapatite increased gradually by the concentration of the fluoride solution. In 1,000ppm fluoride solution, the adsorption of fluoride on synthetic hydroxyapatite treated with NH<sub>4</sub>F and NaF solutions at pH 4.0 was relatively higher than that of other fluoride solutions. In NH<sub>4</sub>F and NaF solutions, the adsorption of fluoride on powdered enamel was higher at pH 4.0 solution than at pH 7.0 solution.
2. Fluoride uptake from NH<sub>4</sub>F solution was relatively high. But that from Na<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>F solution was lower than those from other fluoride solutions.
3. Fluoride solutions were significantly effective on enhancing acid resistance. NH<sub>4</sub>F solution was relatively more effective than others on enhancing acid resistance .
4. SnF<sub>2</sub> and TiF<sub>4</sub> solutions had the same effect on fluoride adsorption, fluoride uptake, and enamel solubility.