

전문가에 의한 불소도포

(Professional Fluoride Application)

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

부교수 김 신

1. 불소의 국소적인 효과에 대한 역사적 배경

치아우식의 예방을 위한 고전적인 방법은 양 치질을 통한 기계적인 세마와 설탕섭취의 자제에 의한 식이조절이 골간을 이루어 왔다. 그러나 이 두 가지의 방법은 지금도 계속 유효하기는 하나, 잘 교육받은 사회계층의 일부에서만 효과가 있어 매우 실망스런 결과를 낳았다.

1940년대 후반에 들어서면서 상수도의 불소화를 이용한 우식예방법이 소개되었고, 그 20년후 개인적인 차원에서 불소국소도포법이 임상에 적용되기 시작하였다. 미국에서는 상수도의 불소화에 의해 성인이나 어린이 모두에서 우식의 급격한 감소의 결과를 낳았고, 따라서 초기에는 이러한 효과를 불소의 전신적인 효과, 즉 치아법랑질의 물리화학적 성상이 변하여 내산성이 증가함에 따른 결과로 해석하였다. 그러나 불소의 항우식효과를 전신적인 효과만으로 해석하기에 불가능한 부분이 있었는데, 그것은 치아가 모두 맹출한 이후의 성인에 있어서도 우식의 감소효과는 동일하게 나타났던 것이다.

따라서, 대두된 주장이 불소의 국소효과였다. 국소효과는 전신적인 효과에 못지 않을 뿐 아니라, 일부 학자의 주장에 의하면 전신효과

를 훨씬 능가한다는 것이었고 그것은 상당부분 입증된 바 있다. 그러나 불소의 항우식능은 이미 오래전에 명백한 효과가 입증되었음에도 불구하고, 그 정확한 기전에 관해서는 아직도 많은 연구의 대상이 되고 있으며 지금도 연구가 지속되고 있다.

2. 불소의 국소도포효과에 관한 이론적 근거 및 목적

불소(Fluorine)는 본래 무색, 무취의 할로젠족 원소로서 자연계에서는 단독으로는 존재하지 못하고 다른 원소와의 화합물(Fluoride)을 이루어 존재한다.

공중구강보건의 측면에서 볼 때, 불소의 국소도포법은 그 효능이 상수도수 불소화에 필적할 수 없음이 사실이다. 그러나 상수도가 불소화되지 않은 지역에서는 전문적 혹은 자가의 불소도포가 대안일 수밖에 없다.

국소적용된 불소의 항우식기전에 관한 지금까지의 고전적인 해석은 불소가 치아법랑질면의 수산화인회석의 수산기(OH group)를 치환함으로써 법랑질 전체의 내산성이 증가한다는 논리였다. 그러나 치환된 수산기가 치아법랑질 전체의 2%, 표면법랑질의 10%에 불과하다는 사실을 감안한다면 이 논리만으로 국소적용된

불소의 임상적 효과를 설명하기는 부족하였다.

최근에 강력히 대두된 논리는 치아법랑질표면에 축적된 치태의 역할을 강조한 것이다. 즉, 치태액내에 함유된 불소는 우식과정중에 이 치태액을 Fluoroapatite에 대해 과포화상태로 만들고, 따라서 상대적으로 용해성이 높은 수산화인회석을 치환하면서 Fluoroapatite가 치면에 침착되어 우식과정중에 용해된 자리를 채운다는 것이다. 그리고 pH가 낮을수록, 즉 우식의 공격이 강할수록 더 많은 불소가 침전상 (precipitated phase)속에 함유된다. pH의 하강이 극심하여 과량의 불소가 투여되었음에도 불구하고 치태액이 저포화상태일 경우에는 법랑질의 용해가 서서히 일어난다. 불소의 또다른 항우식기전으로는 불소에 의해 일부 탈회된 법랑질의 재석회화가 촉진되며, 불소가 치아우식과 관련된 구강내 미생물의 성장을 직접 저해하는 효과가 있다는 점을 들 수 있다.

치면에서의 불소침착은 법랑질표면의 5-10 micron 정도의 깊이에서 이루어지며, 그 양은 불소 도포의 기간, 농도, 방법, 투여빈도 및 도포 시간 등에 관련된다. 치면에 불소가 침착되는 기전을 요약하면 다음과 같이 대별될 수 있다: 재결정화(Recrystallization), 흡착(absorption), 치환(substitution), 결정의 성장(Crystal growth).

불소의 국소도포의 목적은 치아법랑질 표층의 불소의 농도를 증가시켜 항우식효과를 나타내도록 하기 위함이다. 치아법랑질은 상대적으로 다공성의 구조를 가지고 있기 때문에, 법랑질표층에서의 맹출후의 불소의 축적은 치아의 성숙과정에서 매우 중요한 부분이다. 다량의 불소를 함유한 표층법랑질은 내산성이 강화되어 우식의 침투에 저항성을 보이게 된다.

4. 적응증 및 적용시기

이에 관해서는 두 갈래의 주장이 있다:

(1) 적극론: 전문가에 의한 불소도포는 치아우식증의 주된 예방방법이므로 새로운 우식병소의 발생을 억제하기 위하여 모든 어린이들에게 적용하여야 한다는 주장으로서, 소요되는 경제적인 부분은 무시하고 잠재적인 잇점에만 초점을 맞춘 입장이다. 이것은 우식위험도가 높은 아동을 정확히 가려낼 방법이 없는 한, 많은 수고를 받을 수 있다.

(2) 신중론: 독성의 문제를 고려하여 객관적으로 우식위험도가 높은 어린이와 성인에 국한하여 시행되어야 한다는 주장이다. 즉, 안전도 및 소요비용에 대한 고려를 병행한 개념이다.

3. 국소도포된 불소의 치질내 침투 및 흡수에 영향을 미치는 요소

- | | | |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 1) 치아의 상태: | 치아의 연령
법랑질의 결손 | 자연적인 불소의 함량
상아질/백악질 |
| 2) Treatment formulation: | 불소제제의 종류
불소의 농도
첨가물 (thickening agent, humectant, abrasives) | pH |
| 3) 적용술식: | Prophylaxis
온도
Sequential APF-SnF ₂ application
Barrier coating | 적용시간
적용빈도
법랑질에 대한 전처치
이온도입법 |

새로 맹출한 치아가 불소를 쉽게, 그리고 많이 흡수하므로 치열의 key teeth의 맹출직후가 적기이다. 전통적으로 NaF solution의 도포에 있어서 우식이 적은 일반적인 아동의 경우에는 유치열이 완성되는 만 3세, 제 1대구치와 영구 전치가 맹출되는 만 7세, 영구견치와 소구치가 맹출되는 만 10세, 그리고 제 2대구치가 맹출되어 영구치열이 완성되는 만 13세가 적기로 간주되어 왔다. 그러나 APF gel과 SnF₂의 경우에는 1년에 2회씩 정기적인 도포를 하도록 권장되고 있다.

* 최초의 도포시기를 언제로 할 것인가 ?

이것은 어린이의 연령만으로 결정지을 수 없는 문제이다 : 개개 어린이의 fluoride history (상수도수의 불소농도, 보조적인 불소처방의 유무 등)를 먼저 파악한 후, 연령, 우식상태, 사회경제적 변수, 협조도 등을 고려하여 결정한다.

대부분의 어린이들에 있어서 불소도포는 3세부터 개시하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 다발성 우식증을 보이는 등 우식활성이 높은 경우에는 치아가 맹출하는 즉시 실시할 수도 있다. 새로 맹출한 치아의 법랑질은 porosity가 높기 때문에 이러한 측면에서는 영구치보다는 유치가, 그리고 같은 영구치에서도 갓 맹출한 치아일수록 불소에 의한 항우식효과를 더 많이 거둘 수 있다. 물론 어린 나이에 실시할수록 안전성 및 독성에 관한 대비를 더욱 철저히 하여야 한다.

결론적으로, 최초의 도포는 유치열이 완성된 3세가 좋으나, 이 연령에서는 tray technique에 난점이 많아 direct technique으로 적용하는 것이 편리하다. 그리고 이 시기에는 systemic fluoride가 더 효율적인 것으로 드러났으므로, 최초의 도포는 6-7세경으로 미루는 경우도 있다. 그 이후 사춘기까지는 매년 2회의 정기도포를 실시하는 것이 일반적인 원칙이다.

5. 국소도포를 위한 불화물의 종류

ADA의 Council of Dental Therapeutics에서는 장기간의 실험 및 임상연구 끝에 3종의 F-system을 인정한 바 있다 : 2% NaF, 8% SnF₂, 1.23%의 acidulated Phosphate Fluoride (APF).

1) 불화나트륨(NaF)

1947년 Knutson 등이 소개한 것으로, 첫 내원시에 pumice prophylaxis를 시행하고 2%의 neutral NaF 용액을 4분간 어린이의 치아에 투여한다. 이 술식을 1주 간격으로 3회에 걸쳐 시행한다. 3,7,10,13 세에 도포하도록 권장하고 있다. 그 장점으로는 임상적인 안정성이 있고, 맛과 냄새가 자극적이지 않으며, 치아변색을 초래하지 않는다는 점을 들 수 있다.

그러나 요즈음은 전문가적 불소도포용으로는 제한된 효과를 보여 잘 쓰이지 않으며, 저농도의 불화나트륨액은 자가양치액으로 가장 널리 쓰이고 있고, Fluoride dentifrice에 가장 중요한 성분으로 사용되고 있다.

2) 불화석(SnF₂)

1950년 전문가용 불소도포의 효율을 높이기 위하여 Muhler 등이 소개하였다. 2년간의 연구 결과 50%의 우식감소효과를 보인 것으로 보고되었다. 1년에 2회 이상의 8% 불화석도포로써 우식예방에 매우 효과적인 것으로 판명되었다. 법랑질내로 tin과 fluoride 이온이 급속히 침투하여 법랑질면에 tin phosphate complex의 highly insoluble, amorphous layer를 형성한다. 이러한 surface coating이 불화석의 효과의 주된 기전이라 할 수 있다. 그러나 이와 같은 효과에도 불구하고, 이 제제는 안정성이 낮아 사용직전에 제작해서 사용해야 하는 불편함이 있고, pH 2.1-2.3의 강산성을 나타내며, 냄새와 맛이 metallic & astringent taste를 나타내어

어린이들에게 적합치 못하고, 치은조직에 자극성을 보인다. 또한, 법랑질의 저석회화지역에 갈색의 변색, 충전물, 특히 복합레진의 변연부에 획색의 변색을 초래하는 등 여러가지의 단점이 노출되었기 때문에, 요즈음은, 좋은 냄새를 가지면서 효과가 유사한 제재가 많이 소개되어, 불화석은 이제는 더이상 전문가적 도포제로 사용되지 않고 있다.

불화석은 radiation caries나 교정치료중인 환자에게 효과적인 것으로 나타났고, 실험적으로 synthetic saliva와 합쳐졌을때 SnF₂ gel은 법랑질의 탈회를 막고 법랑질의 초기우식을 재석회화하며 치근부우식을 정지시키는 데에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

3) 산성불화인산염(APF)

최근들어 가장 널리 사용되는 전문가 국소도포용 불소제재는 APF gel이나 용액이라 할 수 있다. 1960년대 초에 Brudevold 등이 APF formula를 최초로 소개하였다. 대부분의 제재들은 HF로 산화된 1.23% F-ion을 포함한다. 그 구성 성분으로는 2% NaF, 0.3% Hydrofluoric acid, 0.1M orthophosphoric acid의 혼합물로서 1.23%의 불소와 0.98%의 인산(pH 3-3.5)을 함유하며, 여기에 flavoring, coloring, sweeting, thickening agent를 첨가하였다. solution이나 gel

의 형태 모두 있으나 gel의 형태가 흔히 이용된다. 1년에 2회 도포를 원칙으로 하고, pH는 3.2-3.5 정도가 추천된다.

pH가 낮기 때문에 치면에서는 일부의 탈회가 일어나 결과적으로 CaF₂가 형성된다. 투여된 F의 극히 일부만 Fluoroapatite의 형성에 기여하게 된다. pH가 낮고 phosphate ion을 함유함으로써, 법랑질의 불소흡수를 증가시키고, CaF₂의 형성을 억제하여 결과적으로 법랑질 용해를 억제하는 특성을 가진다.

냄새와 맛이 저자극성이며 안정성이 높고, 불화나트륨이나 불화석보다 법랑질 심부에게까지 불소를 침투시킬 수 있는 장점이 있다. pH가 낮으므로 치면에서의 일부의 용해와 함께 불소가 쉽게 침투되며, Gel형태를 가지므로 흐르지 않고 치면에 쉽게 부착되어 적용이 용이하나, 인접면으로 침투는 용액만큼 쉽지는 않다. 최근에 소개된 Gel form은 용액상의 제재에 비하여 임상적 효과에는 차이가 없음이 밝혀졌다.

4) Amine Fluoride

1957년 Muhlemann 등이 최초로 소개한 유기불소제제로서, 주로 유럽과 일본에서 연구되었으나, 미국에서의 연구는 미미한 실정이다.

우식억제에 관련된 효과는, 첫째, 법랑질 용

* 3 종류 불소제재에 대한 비교평가

	NaF (2%)	SnF ₂ (8%)	APF (1.23%)
항우식효과(%)	29	32	28
도포의 빈도	3,7,10,13 세에 4회/년	1-2회/년	1-2회/년
가격	inexpensive	inexpensive	relatively expensive
맛	bland	astringent	bitter/flavoured
치아변색	no	yes	no
치은의 반응	no	occlusal	no

해도의 하강효과로서, 어떤 organic fluoride는 inorganic fluoride에 비해 법랑질 용해도 저하 효과가 더 우수한 것으로 알려졌다. 그 이유로는 불소에 의한 chemical protection과 organic portion에 의한 physicochemical protection에 기인한 것으로 추정된다. 둘째, 표면활성효과가 있다. 일부의 amine fluoride는 법랑질표면에 친화력을 가져 불소가 오랫동안 치면에 남아있도록 하는 특성을 지닌다. 셋째, 항균효과를 들 수 있다. 이것은 치태형성을 억제하고, antiglycolytic activity를 가진다.

그러나 이러한 효과들에도 불구하고 이 제제가 기존의 것들에 비해 우수하다는 어떤 결론도 아직은 없는 상태이다.

6. Fluoride Vehicles

임상적으로 국소도포의 용도로 시판되는 불화물은 대개 분말, 결정, 혹은 겔(gel), 그리고 varnish의 형태를 가지고 있다. 분말이나 결정의 형태는 사용하기 전에 증류수에 용해시켜 용액의 형태로 사용하게 된다. Gel 형태는 일반적인 기성제품으로서 플라스틱 용기에 담겨 짜서 쓰도록 되어 있다. Varnish는 치면을 세마, 건조후 직접 가하는 형태이다.

1) 용액형태 : 국소도포용으로는 최초로 개발, 사용되던 형태이다. 효과면에서는 우수하나 사용상의 편의성에서 뒤져 현재는 사용이 거의 안 되는 상태이다.

2) Gel 형태 : 국소도포를 위한 APF agent는 viscous gel의 형태가 용액의 형태보다 우수한데, 그것은 gel이 치면에 접촉하여 용액처럼 지속적으로 적셔주어야 할 필요성이 없기 때문이다. 따라서 전악을 동시에 도포할 수 있을 뿐 아니라, 결과적으로는 도포에 소요되는 시간을 줄일 수 있게 된다.

그러나 Gel은 우식에 취약한 일부 인접면에 깊이 침투하지 못하는 문제를 노출하였다. 따라서, tray를 제거한 다음 단계에서 Floss silk를 이용하여 인접면으로 불소를 집어넣도록 권고하고 있다(Wefel, 1985).

ADA의 Council of Dental Therapeutics에서도 Gel 형태의 우식예방효율을 인정한 바 있다. Gel-Tray system의 장점으로는 환자의 수용이 양호하고, Shelf life가 길다는 점(2년 이상 보관 가능하나, 수개월이 경과하면 점성이 감소하는 경향을 보임)을 들 수 있다. 그리고 불소가 도포되는 부분에 대한 관리가 비교적 용이하고, 도포중의 supervision이 최소화되어 인력의 절약에 도움이 된다.

* Thixotropic gels

일종의 gelling base를 첨가함으로써 APF gel을 thixotropic하게 만든 형태이다. Thixotropic gel이라 함은 normal storage condition에서는 높은 점성(high viscosity)을 보이거나 biting force와 같은 high shear rate 하에서는 점성이 낮아지고, stress가 소멸되어 다시 점성을 회복하면 액상이 gel상으로 변하여 치면에 부착하는 물성을 말한다. 이론적으로, 이와 같은 물성을 임상적으로 유용하게 쓸 수 있는데, 그 장점으로는

(1) 이것은 높은 점성을 지녀 치면에 쉽게 더 오랫동안 부착되어 유지될 수 있다. 점도가 강하기 때문에 구강내에서 흐르지 않고 tray나 cotton roll에 붙어있다가 biting force로부터 shearing stress를 받으면 끊어져 교합면열구나 인접면쪽으로 용이하게 침투할 수 있다.

(2) tray를 구강내로부터 제거하고 shearing force가 가해지지 않는 상황이 회복되면 치면에 단단히 부착되어 장시간 유지하게 된다.

- (3) Thixotropic gel은 또한 낮은 pH하에서 안정성이 강화된다는 장점이 있다.
- (4) 술자가 임상적으로 조작하기가 간편하며 환자의 측에서도 인후두부로 흘러들어가는 경우가 적으므로 수용에 불편이 적다.
- (5) 임상적인 우식예방효과는 기존의 APF gel과 유사하다.

3) Fluoride varnishes

국소도포로 치면에 가해진 대부분의 불소는 서서히 씻겨나가는 경향이 있다. 이러한 immediate loss를 방지하기 위하여, 장시간 법랑질면에 부착할 수 있는 varnish에 불소를 첨가시킨 제품이 소개되었다. 그 주장에 따르면, 치면에 도포한 직후 급속히 마르기 때문에 일단 일차적인 유실을 차단하며(retentive effect), 서서히 불소를 유리시킨다는 것이다(slow releasing effect). 즉, chair time의 연장 없이도 법랑질의 불소에 대한 노출시간을 길게는 수일에 이르기까지 연장할 수 있어 불소가 항구적으로 치질에 결합될 수 있는 기회를 제공한다는 것이다.

이것은 매우 어린 나이의 아동이나 장애자들 처럼 협조도에 문제가 있을 경우에 특히 적합하다. 그리고 구강내 특정부위의 우식활성을 정지시키기 위한 목적으로 사용하는데 편리하다.

치면을 세마, 건조한 후 이 varnish를 도포하고 약 2분간 건조되기를 기다린다. 따라서 전체적인 적용시간은 약 5분이 소요된다. 치면에 잔류하는 시간이 용액이나 gel형태보다 길어서 수시간 내지 수일에 달하는 것으로 보고되었다. 미국에서는 시판되지 않았으나, 일본과 유럽에서 사용되고 있다. 제품으로는 NaF containing varnish(Duraphat - 5% NaF)와 organic fluoride containing varnish(Fluor Protector - 0.7% F)를 들 수 있다.

7. 적용방법

1) Paint on technique(Direct technique : solution, gel, varnish)

1. 먼저 rotating rubber cup과 fluoride containing prophylactic paste로 치면을 세마한다.
2. 치간접촉부를 unwaxed floss로 세척하고, 치아를 수세한 후 cotton roll로 치아를 격리한다.
3. 치아를 건조한 후, cotton tipped applicator로 불소제제를 치면에 도포한다.
4. 4분간 치아가 불소로 젖어있도록 계속하여 불소제제를 바른다. 그리고 불소액으로 적신 unwaxed dental floss를 치간에 삽입하여 고무 적신다.
5. 도포완료후, 환자에게 타액을 뱉도록 지시한다. 그리고 30분간은 rinse, eat & drink를 금지시킨다.

2) Tray technique(Indirect technique : APF gel)

APF gel이 소개된 이후 tray technique이 널리 보급되었다. 이를 위한 tray는 다음과 같은 구비요건을 충족하는 것이 좋다 :

- 1) 모든 치면을 피개할 수 있어야 하고,
- 2) 치견부 및 인접면에까지 gel을 밀어넣을 수 있도록 해부학적인 형태를 갖추어야 하며,
- 3) Gel이 넘어가지 않으면서, 타액에 의해 희석되지 않도록 positive seal을 이루면서 적절한 distal dam의 역할을 할 수 있어야 한다.
- 4) 연조직을 impinge하지 않도록 soft edge를 가져야 한다.
- 5) 모든 환자의 치열을 수용할 수 있는 적절한 크기를 선택하여야 한다.
- 6) non-flimsy construction

적절한 크기의 tray를 이용하여 구강내에 적합시킨다. 기성제품의 tray를 사용할 경우 불소가 toxic dosage 이상으로 섭취될 우려가 있으므로, custom tray를 사용하는 것이 가장 안전한 방법이기도 하다. 여러 형태의 tray가 시판되고 있으나, 일반적으로 disposable foam-lined polystyrene tray를 사용한다. 또 다른 부류로는 air filled rubber membrane과 그 상방에 깔게 되어 있는 paper insert를 사용하는 system이 있다. 이러한 'air cushion' tray는 압력을 받으면 치면에 매우 긴밀히 밀착하여 paper insert에 흡수되어 있는 APF gel을 치아 쪽으로 짜 넣을 수 있어 매우 효율적인 장치라 할 수 있다.

Tray technique의 개괄은 다음과 같다 :

1. 우선 환자의 상체를 직립상태가 되도록 앉힌다.
2. 환자가 불소를 ingestion하는 것을 최소화하기 위해서는 치면을 모두 도포할 만큼의 최소한의 불소만을 사용하는 것이 좋다. 대개 약당 5ml 이하의 양을 사용하여야 한다. customfitted tray의 경우에는 최소한의 불소만 있으면 되어 1ml 정도가 소요될 뿐이다.
3. tray를 넣기 전에 전 치아를 세척, 건조하고, 면봉으로 gel을 치열의 인접면 접촉부, 열구 부위나 bracket 주변의 치면 등 미세부분에 바른다.
4. Tray를 구강내에 위치시키고 적합도를 확인한 후, stimulated saliva와 여분의 불소를 제거해 내기 위하여 약간이나 협측전정부로 saliva ejector를 삽입한다. suction tip과 saliva ejector만으로 처리가 곤란한 경우에는 환자에게 머리를 숙이고 drooled liquid를 plastic drooling bag에 흘리도록 지시한다. 아울러, behaviour control을 위한 positive reinforcement와 distraction technique이 요

구된다.

5. 환자에게는 gel을 삼키지 않도록 주의시킨다. 그리고 인접면과 열구에 gel이 깊이 침투되도록 하기 위하여, 환자에게 뺨과 혀로 tray를 가볍게 압박하며, 입술은 ejector 주위로 오므리게 하고, 가벼운 저작압으로 잘 근질근 씹도록 지시한다.
6. tray는 최소한 구강내에서 4분 이상 유지하고 지속적으로 타액과 여분의 gel을 제거한다.
7. tray를 제거한 후, 구강내에 남은 여분의 불소 gel과 타액을 제거해 준다. 환자에게 침을 뱉도록 하고, 30분간은 물을 마시거나, 양치를 하거나, 음식을 먹지 말도록 주의를 준다.

8. Specific considerations & Controversies

(1) Cost - Benefit consideration

불소의 국소도포술식은 치아우식의 예방을 위한 모든 방법들중에서 가장 cost/benefit ratio가 높은 술식이다. 따라서 전문가적인 불소도포술은 공중구강보건의 차원에서는 정당화될 수 없는 방법일 것이다.

더구나, 상수도수가 불소화되고 우식이 감소 추세에 들어선 지역에서는 상대적인 비용이 더욱 높은 편일 수 있으므로, 이 지역에서는 우식 활성이 높은 아동에 국한하여 시행하는 것이 바람직하다.

그러나 구강상태가 낙후된 국가나 지역사회에서는 CB ratio가 높음에도 불구하고 실시할 명분이 충분하다. 최근, CB ratio를 낮추기 위하여 도입된 것이 불소의 자가도포법이다.

(2) 불소의 안전성 및 독성에 대한 고려

불소는 원래 독극물로 간주된다. 이것은 구강과 위장관벽을 통하여 용이하게 흡수되므로, 치과의사는 사용중인 불소제제에 함유된 불소

* 각종 국소도포용 불소제제의 불소함유량

type	F-concentration	amount	total F (mg)
2 % NaF	1	10 ml/2 arches	100
8 % SnF ₂	2-2.5	10 ml/2 arches	200-250
1.23 % APF	1.23	10 ml/2 arches	123

의 양과 그 안전범위 및 독성에 관하여 개념을 가지고 있어야 한다. 예를 들면, APF는 12.3mg/ml 정도의 고농도의 불소를 함유하고 있고, 작은 용기에 담긴 200ml 정도의 양도 치사량을 넘는 양이며, 5세 어린이의 경우 1.6ml정도만 오염하여도 위장관증상이 나타날 수 있다. Wei & Wefel은 각종 불소제제로부터 오염될 수 있는 불소의 양을 환산한 바 있다.

그리고 Heifetz와 Horowitz는 CLD(certainly Lethal Dose)와 STD(Safely Tolerated Dose)를 산출하였다. CLD는 NaF로 5-10g, 혹은 불소용량으로 32-64mg/kg로 계산한 것이며, 위장관증상(nausea, hypersalivation, abdominal pain, vomiting, diarrhea)을 유발할 수 있는 용량은 1mg/kg 정도인 것으로 보고된 바 있다. (그러나 5 mg/kg 이하를 복용한 경우에는 매우 경미한 위장관증상이 나타난 것으로 보고되었다.) STD는 CLD의 1/4 정도인 NaF 1.25-2.5 g, 혹은 불소로 8-16 mg/kg로 한 추

정치에 근거한 것이다. 저용량의 급성중독증상으로는 구토, 오심, 복통, 설사 등을 위주로 한 위장관증상이 대부분이며, 고용량의 급성중독 증상으로는 경련, 심부전, 의식상실 및 혼수상태 등을 들 수 있다.

* 위장관증상 유발용량과 치사량을 APF Gel (12.3mg F/ml)의 용적으로 환산한 수치.

연령	위장관증상 유발용량(ml)	치사량(ml)
5	1.6	52
10	2.4	78
15	3.7	117

불소의 국소도포후 Overdosage가 의심되는 경우에는 다음과 같은 조치가 추천된다(Bayless & Tinanoff, 1985). 5mg F/kg 이하의 불소를 마신 것으로 추정되는 경우에는 어린이에게 장내에서 불소와 결합할 수 있는 액체(예 : 물, 우유, 제산제 용액 등)를 다량 마시게 하고

* 연령의 체중추정치에 근거한 불소의 안전한계용량(STD), 장관증상유발용량 및 치사용량 (CLD)

연령	체중추정치(kg)	위장관증상 유발용량(mg)	안전한계용량(mg)	치사용량(mg)
2	10	10	80	320
3	14	14	112	448
4	18	18	144	576
6	20	20	160	640
8	25	25	200	800
10	30	30	240	960
15	45	45	380	1440

경과를 관찰한다. 만일, 5mg F/kg 이상의 불소를 마신 것으로 추정되면 구토를 시키고 우유를 들게 한 후 병원으로 의뢰하는 것이 좋다.

불소의 독성 및 안전도와 관련하여 임상적으로 주된 관심사는 1회의 국소도포를 통하여 얼마나 많은 양의 불소가 체내에 흡수되는가 하는 문제이다. 불소를 적용하는 방법에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나, 1회의 도포로 15 - 31 mg 정도의 불소가 연하될 수 있다고 보고되었다. 그리고 아주 부주의하게 불소를 적용하는 경우, 가해진 양의 최대 76%까지를 ingestion할 수 있다는 보고가 있고, salivary ejector 없이 cotton roll technique으로 불소를 적용하는 경우, 국소적용된 불소 전체의 47%가 체내에 잔류될 수 있다. 혈류내 불소농도가 증가하는 경우 일시적인 신기능부전을 초래할 수 있다. 불소의 체내흡수를 줄이기 위해서는 도포직후 구강을 양치하는 것이 바람직하겠으나, 이렇게 하는 경우 불소의 치질내 잔류 및 흡수가 현저히 감소하는 것이 문제가 된다. LeCompte & Doyle에 의하면,

- 1) 환자의 구강에 꼭 적합되면서, 여분의 불소를 전부 흡수할 수 있는 disposable foam-lined(absorptive liner) tray를 사용하며,
- 2) intermediate or high viscosity의 gel을 사용하고,
- 3) 필요한 최소량만을 사용(약당 최대 5ml, 치면만을 도포하는 경우 2-3 ml 정도면 충분)
- 4) 도포중에 환자를 upright position으로 앉히고,
- 5) 도포중에 high velocity의 saliva evacuation을 시행하며,
- 6) 도포중에 불소를 절대 삼키지 말도록 환자에게 주의를 주어야 한다.
- 7) 도포중에 환자를 철저히 감시하고 곁을 떠나지 말며,

8) 도포후 1 분간은 타액을 철저히 뱉어내도록 지시함으로써, 불소도포중에 오음되는 불소의 총량을 1.6 mg으로까지 현저히 줄일 수 있다고 보고한 바 있다.

(3) 특별한 환자들에 대한 고려 :

특별한 문제를 가진 어린이들에서는 도포의 방법을 수정할 필요가 있다.

1. 저연령아, 비협조아, 장애자 : 4분을 유지하기 곤란하므로 APF Gel이나 용액, 또는 Fluoride varnish를 cotton ball로 적셔 직접 치면에 가할 수 있다.
2. 구강내 연조직질환이 있을 경우 (예 : Aphthae, Herpes labialis 등 궤양성, 수포성 연조직 병소. 화학요법, 방사선요법을 받고 있는 경우 구강내 궤양성 병소가 빈발.) : 도포된 Fluoride Gel의 Flavor나 low pH에 의하여 극심한 작열감과 통증을 느낄 수 있다. 이러한 사람들에게는 diluted, neutral, non-irritating formula가 대안이 될 수 있다.
3. Chronic renal failure 환자 : 불소의 배설이 되지 않으므로 적용의 금기증이다.
4. 탈락치아가 많은 혼합치열기 아동 : edentulous area가 넓은 경우, 불소의 소모가 많고 따라서 ingestion의 양도 증가할 위험이 있으므로 cotton ball에 의한 paint on technique을 적용하는 것이 좋다.

(4) 도포전 치면세마(Professional prophylaxis)의 필요성

치면에 부착되어 있는 organic surface integuments는 불소의 흡수에 장벽구실을 하기 때문에 professional prophylaxis를 통하여 사전에 제거되어야 한다는 주장에 대하여 최근에 강한 반박 이론이 제기되었다. 이것은 불소도포에 소요되는 시간적, 인적 cost를 절감하기

위한 방안의 하나로 연구되었다.

수많은 임상 및 실험실적 연구의 결과에 따르면, 치면에 organic layer(plaque, pellicle)가 있더라도, 도포 불소가 치태를 뚫고 치면에 축적되는 데에는 아무 상관이 없으며, 도포전 세마(professional prophylaxis이건 self-brushing이건)를 하였다고 해서 더 우수한 효과가 얻어지는 것은 아니라는 것이다(Klimek et al., 1982, Tinanoff et al. 1974, Joyston-Bechal, 1976). 이 개념을 3년간의 임상연구를 통하여 확인한 바에 의하면, 전문가에 의해 도포된 APF Gel의 우식예방능력은 도포전의 치면세마의 여부와 무관하게 나타났다(Ripa et al., 1984).

불소도포의 전단계에서 철칙으로 시행해오던 치면세마의 과정을 생략할 수 있다면 도포에 소요되는 노동력과 시간을 상당히 줄일 수 있다(Heifetz, 1978).

그러나 prophylaxis step은 치은염 및 치주염의 예방과 치료, 그리고 심미적인 효과(치아 착색의 제거)의 측면에서는 여전히 유익한 술식이라 할 수 있다. 따라서 불소도포의 전단계에서 thorough prophylaxis을 할 것인가? 아니면 less rigorous cleaning(toothbrushing)을 할 것인가, 또 아니면 아무런 조치도 하지 않을 것인가는 환자의 상황에 따라 결정될 수 있다.

결론적으로, 치면세마는 불소도포를 위한 필수적인 전단계술식으로 간주될 수 없으며, 국소도포된 불소의 우식예방효과에 아무런 관계가 없다고 할 수 있다.

(5) 유치열기에 있어서의 효과

이 시기에는 영구치열에 대한 효과에 비하여 효과가 떨어지는 것으로 보고되었다. 학령전 아동의 경우, 치아의 적절한 isolation이 곤란하여 불소의 직접적인 국소도포를 대신하여 Fluoride containing prophylactic paste를 사용하는 경우가 더 많다. 그리고 이 시기에는 전신적

으로 투여된 불소가 더 효과적임이 밝혀졌다.

(6) 성인에 있어서의 불소도포

표면하의 백반양의 초기법랑질 우식병소, 치근면의 우식 및 지각과민증, 완전탈구치아의 재식 직전단계에서 치근흡수를 지연시킬 목적으로 불소를 가하기도 한다.

(7) Iontophoresis method(불소이온도입법)

약한 정전기적 자극을 통하여 불소용액을 치면에 도포하면 더욱 많은 양의 F ion이 치아에 흡수될 수 있다는 이론적 근거로부터 개발, 도입되었다. 그러나 이 방법을 이용하면 불소의 흡수가 증가한다는 논리는 아직 확실하게 실험적, 임상적으로 검증되지 못한 상태이다.

(8) 불소의 구강내 적용시간에 관한 논쟁

Joyston과 Bechal은 치아의 불소흡수는 (특히 APF의 경우) 도포직후 최초 4분내에 거의 일어난다고 보고한 바 있다. 방사성 동위원소를 이용한 실험의 결과, 거의 모든 흡수가 4분내에 일어나며, 특히 최초 1분간 많은 양의 흡수가 이루어짐이 입증되었다. 이러한 자료에 의거하여 최근에는 1분간만 적용하면 된다고 주장하는 재료들이 시판되었다. 즉, 기존의 APF gel을 4분간 적용한 만큼의 불소의 흡수가 그들의 제품에서는 1분내에 일어난다고 주장하였다.

그러나 Wei와 Hattab은 기존의 APF Gel과 1분 도포를 주장하는 제품간에 불소흡수 속도에는 차이가 없었으며, 그 제품도 1분보다는 4분간 적용시킨 경우 흡수가 훨씬 많이 일어난다고 보고하였다. 즉, 1분간만 도포하면 된다는 주장은 근거없음이 판명되었다.

(9) 불소효과의 극대화를 위한 방안

불소의 국소도포와 더불어 여러 종류의 불소

처방을 동시에 진행(multiple Fluoride therapy) 하면 항우식효과가 배가된다. 가장 유익한 방법은 systemic mechanism(상수도불소화 혹은 불소정제처방)과 topical approach를 동시에 진행하는 것이다. 1년에 2회 실시하는 불소도포는 구강내 불소농도를 아주 가끔씩 높여줄 뿐이다 (infrequent high concentration). 그러나 Fluoride dentifrice, mouth rinse, home fluoride gel 등을 이용하면 낮은 농도이나 지속적인 효과를 얻음으로써(Frequent low concentration), 재석 회화를 촉진하게 된다.

(10) F-containing prophylactic paste도 적절한 topical therapy로 간주될 수 있는가?

이에 대한 대답은 '아니다'가 옳다. 이것은 F delivery의 한 가지 방법으로 간주되어서는 안 된다. 그 이유는 prophylaxis의 과정중에 불소의 함유량이 많은 표층법랑질을 제거하고, 대신 paste내에 함유된 불소가 법랑질에 흡수되기는 하나, 그 지속성이 짧아 결과적으로 불소의 출입의 측면에서는 손해라 할 수 있다. 따라서 유의한 항우식효과를 거두기 위해서는 불소의 국소도포를 시행하여야 한다.