

## 불소 전처리가 법랑질과 치면열구전색재의 전단결합강도에 미치는 영향

유필준 · 장기택 · 김종철

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

### 국문초록

본 실험은 소아치과에서 널리 이용하고 있는 우식예방법인 불소도포가 치면열구전색재와 법랑질과의 결합에 미치는 영향을 알아보는 것이다.

1, 2, 3, 4군은 unfilled sealant인 Teethmate A(Kuraray, Japan)를, 5, 6, 7, 8군은 filled sealant인 Ultraseal XT(Ultradent, U.S.A.)를 이용하였고 1군과 5군은 불소로 전처리를 하지 않았으며 2군과 6군은 1.23% APF인 60 second taste(Pascal Company, U.S.A.)로 전처리하고 3군과 7군은 2.0% NaF인 Swirl(Biomedica Concepts, U.S.A.)로 전처리하였으며 4군과 8군은 불소를 함유한 세마제인 Nupro(Johnson & Johnson Consumer Product Inc., U.S.A.)로 치면세마를 시행하였다. 준비된 시편은 산부식한 후 직경 3mm, 높이 2mm의 몰드를 이용하여 30초간 전색재의 중합을 시행하였고 열순환 후 전단강도를 측정하였다. unfilled sealant의 경우 각 군간에 유의한 차이가 없었지만 filled sealant의 경우 5군과 8군에 비해 6군과 7군은 유의하게 낮은 결합강도를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

**주요어** : 불소, 치면열구전색재, 전단결합강도

### I. 서 론

치면열구전색재는 지난 수 십년간 교합면우식의 조절에 가장 효과적인 방법중의 한가지로 알려져 왔다<sup>1,2</sup>. 전색재가 우식 예방을 위한 최대 효과를 얻기 위해서는 법랑질과 적절히 결합해야만 한다. 전색재와 치질과의 적절한 결합에 필요한 요구사항을 보면 최대 표면적을 가져야 하며 깊고 불규칙한 소와 열구, 깨끗한 치면, 타액등에 오염되지 않은 완전히 건조된 상태 등을 필요로 한다. 이것은 임상에서 치면이 완전히 세마된 후에 전색재가 도포되어야 한다는 것을 의미한다. 전색재는 치아에 화학적으로 결합하는 것이 아니라 기계적으로 결합한다. 이러한 미세기계적 결합을 위해서는 표면적을 증가시킬 필요가 있으며 이를 위해 산부식법이 이용되어 왔다.

또 다른 우식 예방법으로 불소의 도포가 널리 이용되고 있는데 그 효과는 이미 여러 연구에서 확인되었다. 최근에 널리 이용되고 있는 방법으로는 NaF나 APF(acidulated phosphate fluoride)를 gel이나 foam 형태로 치면에 도포하는 것이다. 이런 불화물은 법랑질과 반응하여 fluoroapatite와  $CaF_2$ 를 형성한다.  $CaF_2$ 는 불소의 저장고 역할을 하며 서서히 불소를 방출하여 법랑질의 재광화에 기여하고 법랑질의 결정구조를 안정화하여 산용해에 대한 저항성을 증가시킴으로써 우식예방효과를

나타낸다<sup>3,4</sup>.

여러 연구에 의하면 불소의 국소적인 도포가 법랑질에 대한 산부식효과를 저해하여 레진의 접착력을 감소시킨다고 하였으나<sup>5,6</sup> 다른 연구 등에서는 산부식전의 불소의 도포가 법랑질에 대한 산부식 양상이나 레진의 결합력에 별다른 영향을 주지 않는다고 보고하고 있다<sup>7-9</sup>.

불소의 사용이나 치면열구전색재의 사용은 소아치과의 임상에서 자주 이용되는 우식예방술식으로서 이러한 불소의 국소도포가 전색재의 결합강도에 미치는 영향에 대한 연구가 필요한바, 저자는 소아치과에서 널리 이용하는 도포용 불소재제를 도포한 후 치면열구전색재와 법랑질과의 전단결합강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

### II. 연구재료 및 방법

#### 1. 전단강도의 측정

우식이나 손상이 없는 건전한 소구치를 준비하였다. 치관의 협측 법랑질을 얻기 위해 치관부위만을 절단한 후 직경 2.5cm, 높이 2cm의 아크릴릭레진 블록에 협면이 노출되도록 매몰하였다. 직경 3.5mm의 평면이 만들어질 때까지 Hard Tissue

**Table 1.** Pretreatment of different groups

	Group	Pretreatment
Unfilled sealant (Teethmate, Kuraray)	1	Etching with 35% phosphoric acid
	2	APF application(4min) and etching with 35% phosphoric acid
	3	NaF applicaion(4min) and etching with 35% phosphoric acid
	4	Prophylaxis with F containing paste and etching with 35% phosphoric acid
Filled sealant (Ultrasal XT)	5	Etching with 35% phosphoric acid
	6	APF application(4min) and etching with 35% phosphoric acid
	7	NaF applicaion(4min) and etching with 35% phosphoric acid
	8	Prophylaxis with F containing paste and etching with 35% phosphoric acid

Polisher(Struers Dap-V, Denmark)를 사용하여 순차적으로 500, 800, 1200 및 4000-grit sandpaper로 노출된 법랑질을 연마하였다. 이러한 시편을 80개 만들어 임의로 각각 10개씩 8개의 군으로 나누어 증류수에 보관하였다.

산부식전에 1군과 5군은 어떠한 전처리도 하지 않았으며 2군과 6군은 4분간 1.23% APF인 60second taste(Pascal Company, U.S.A.)를 도포하고 3군과 7군은 4분간 2% NaF인 Swirl(Biomedica Concepts, U.S.A.)를 도포한 후 30분간 100% 습도하에 보관하였고 4군과 8군은 불소가 함유된 세마제인 Nupro(Johnson & Johnson Consumer Product Inc., U.S.A.)를 이용하여 10초간 치면세마를 시행한 후 즉시 수세하고 건조하였다.

산부식은 35% 인산을 이용하여 30초간 시행한 후 20초간 수세하고 10초간 건조하였다.

이용된 치면열구전색재로는 1군, 2군, 3군, 4군에는 unfilled sealant인 teethmate A(Kuraray, Japan)를 5군, 6군, 7군, 8군에는 filled sealant인 Ultrasal XT(Ultradent, U.S.A.)을 사용하였다.

전색재는 직경 3mm, 높이 2mm의 몰드를 이용하여 30초간 팽중합하였다. 준비된 시편은 24시간동안 생리식염수에 보관하였다.

모든 시편은 5~55 ℃ 사이에서 계류시간 30초로 하여 열순환을 500회 시행한 후 Instron 2023(Instron, England)에서 0.5mm/min의 cross-head 속도로 전단결합강도를 측정하였으며 ANOVA와 Duncan 사후분석을 이용하여 각 군의 전단결합강도 사이의 통계학적 유의성을 95% 유의수준으로 검사하였다.

**2. 파절면 검사**

각 군의 전단강도를 측정된 후 모든 시편은 stereomicroscope(Olympus, Japan)를 이용하여 그 파절양상을 전색재내의 cohesive failure, 전색재와 법랑질의 adhesive failure, 그리고 이 두가지 파절의 mixed failure로 분류하였다.

**3. 전자현미경 관찰**

불소로 전처리하지 않은 군과 전처리한 군간의 산부식 양상

을 관찰하기 위해 전단강도를 측정할 때와 같은 방법으로 4개의 시편을 준비한 후 불소로 전처리하지 않고 산부식한 경우를 대조군으로 하였으며, 각각 APF, NaF, 불소함유 연마제로 전처리한 후 산부식된 법랑질 표면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

**Ⅲ. 연구결과**

**1. 전단결합강도**

전단결합강도를 측정한 결과는 unfilled sealant를 사용한 군에 비해 filled sealant를 사용한 군이 높은 전단결합강도를 보여주었다(Table 2).

Unfilled sealant를 사용한 군을 보면 불소로 전처리하지 않은 대조군과 불소로 전처리한 각 군간의 전단결합강도에서 유의한 차이를 보이지 않았으며 filled sealant를 사용한 군에서는 각 군간의 전단결합강도의 유의한 차이를 보였는데 불소로 전처리하지 않은 5군과 불소가 함유된 세마제로 치면을 세마한 8군에 비해 1.23% APF로 전처리한 6군과 2% NaF로 전처리한 7군은 유의하게 낮은 결합강도를 보여주었다( $p < 0.05$ , Table 3).

**2. 파절양상**

파절면 검사에서 unfilled sealant를 사용한 1, 2, 3, 4군에서는 전색재 내부의 파절이 48%로 많이 나타난 것에 비해 filled sealant를 사용한 5, 6, 7, 8군에서는 전색재 내부의 파절이 13%로 unfilled sealant를 사용한 군에 비해 현저히 낮았으며 전색재와 법랑질 계면에서의 파절이 45%로 많은 부분을 차지했으며 나머지는 mixed failure가 나타났다(Table 4).

**3. 주사전자현미경관찰**

불소를 함유한 세마제로 전처리한 후 산부식한 법랑질의 표면은 아무런 전처리 없이 산부식한 대조군의 법랑질 표면과 같은 형태를 보인 반면 2.0% NaF와 1.23% APF로 전처리한 경우에는 대조군과는 다른 양상을 보였는데 5,000배로 확대하여 관찰한 결과 대조군의 법랑질 표면은 산부식된 법랑소주표면에

**Table 2.** Shear bond strength(MPa)

Group	Mean±SD
1	15.7±2.1
2	15.6±3.5
3	15.7±2.7
4	14.6±3.4
5	20.9±3.5
6	16.6±3.9
7	16.4±3.0
8	19.9±3.6

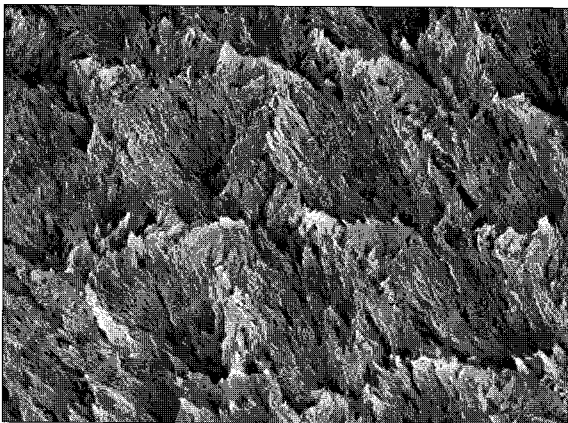
**Table 3.** Difference in shear bond strength between filled sealant groups

Group	5	6	7	8
5		*	*	
6				*
7				*
8				

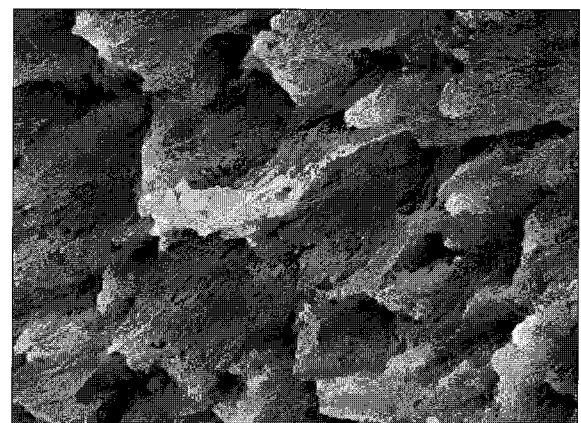
\* : p<0.05)

**Table 4.** Fracture pattern of different group

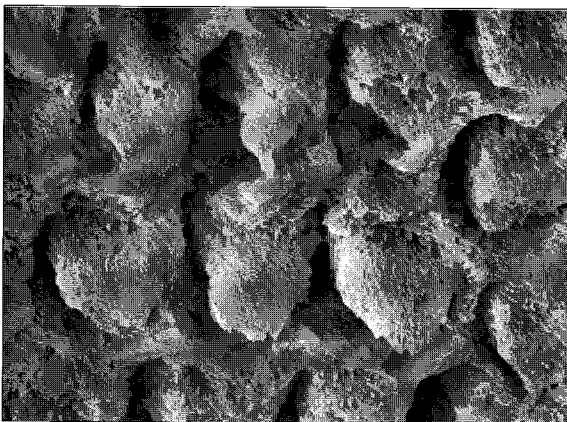
Group	1	2	3	4	5	6	7	8
sealant/sealant	5	4	4	5	1	0	1	3
sealant/enamel	0	1	0	1	3	5	5	3
mixed	5	5	6	4	6	5	4	4



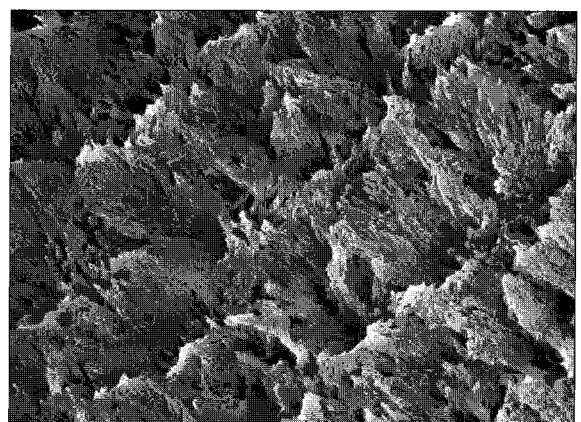
**Fig. 1.** Enamel surface after phosphoric acid etching without fluoride pretreatment. (×5,000)



**Fig. 2.** Enamel surface after phosphoric acid etching with 1.23% APF pretreatment. (×5,000)



**Fig. 3.** Enamel surface after phosphoric acid etching with 2.0% NaF pretreatment. (×5,000)



**Fig. 4.** Enamel surface after phosphoric acid etching with F containing paste pretreatment. (×5,000)

수많은 미세한 틈이나 소공들이 존재하며 더 거친 표면 양상을 보이는 반면 APF나 NaF로 전처리한 군에서는 대조군에 비해 이러한 틈이나 소공들이 거의 없는 표면양상이 관찰되었다 (Fig. 1, 2, 3, 4).

IV. 총괄 및 고찰

오랜 동안 치아표면에 치면열구전색재를 적용하기 전에 불소를 도포하는 것은 피해야 한다고 권고되어져 왔으며 그 이유로는 불소도포가 법랑질의 산부식에 대한 저항성을 증가시키며 불소와 법랑질의 반응산물, 주로 CaF<sub>2</sub>가 결합력을 감소시키며 전색재의 유지를 방해한다는 것이었다.

산부식 방법에 대한 불소의 효과에 대한 많은 연구보고들이 있는데 이를 크게 3가지로 나누면 산부식전에 불소를 적용하는 것, 산부식과 동시에 불소를 적용하는 것, 그리고 산부식후에 불소를 적용하는 것으로 나눌 수 있다.

산부식과 동시에 불소를 적용하는 것에 관한 연구들을 살펴보면 Wright와 Beck<sup>11)</sup>은 산부식용액에 1.23%의 불소를 첨가하였을 때 전색재와 산부식된 법랑질과의 결합력을 감소시켰다고 보고하였으나 Grajower 등<sup>12)</sup>과 Kochabi 등<sup>13)</sup>에 의하면 전색재와 산부식된 법랑질 표면 사이의 결합력 감소없이 높은 농도의 불소를 산부식용액에 첨가할 수 있다고 하였다. Takahashi 등<sup>10)</sup>에 의하면 법랑질표면을 NaF가 포함된 30% 인산으로 산부식한 경우 2~5%의 NaF를 첨가하였을때는 전색재의 결합을 방해하였으나 0.02%의 NaF를 첨가하는 것은 결합력의 감소없이 불소함량을 증가시킬 수 있다고 하였다.

산부식후에 불소를 적용하는 것에 관한 연구를 살펴보면 Low 등<sup>14)</sup>은 산부식후 stannous fluoride 도포시 전색재의 결합강도에 영향이 없으나 APF 도포시 전색재의 결합강도 감소를 보고하였다. Barcroft 등<sup>15)</sup>에 의하면 법랑질을 37% 인산으로 산부식한 후 2.0%의 NaF를 3분간 도포한 후 수세하고 Rely-a-bond를 이용하여 교정용 브라켓의 결합강도를 측정할 결과 약간의 감소를 보였으나, APF를 도포한 경우 상당한 결합강도의 감소를 나타냈다고 하였다.

Koh 등<sup>16)</sup>은 법랑질을 APF, NaF, stannous fluoride로 전처리하고 산부식한 후 법랑질과 전색재의 전단결합강도를 측정할 결과 약간의 감소는 있으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며 임상적으로 받아들일만 하다고 보고하였다. Garcia-Godoy<sup>17)</sup>는 법랑질을 APF로 전처리한 경우에 콤포지트 레진의 전단결합강도에 통계적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한 Aboush 등<sup>18)</sup>은 산부식전에 치면세마시 연마재의 불소함유 유무는 레진과 법랑질의 결합강도에 영향이 없다고 하였다.

불소와 법랑질과의 반응에 관해 살펴보면 불소의 도포는 법랑질에 CaF<sub>2</sub>를 축적을 야기시키는데 이는 고농도의 불소를 짧은 기간동안 도포했을 경우에 생기는 반응산물의 대부분을 차지한다<sup>19,20)</sup>. 이러한 CaF<sub>2</sub>는 pH에 의해 조절되는 불소의 저장고 역할을 하며 pH가 감소하게 되면 불소를 방출하게 된다. 이렇

게 방출된 불소는 우식이 발생했을 때 방출되는 calcium과 phosphate 이온과 더불어 fluorohydroxyapatite로써 법랑질 표면에 축적되게 된다<sup>21,22)</sup>.

법랑질과 불소의 반응에 영향을 미치는 요인들에 대하여 Saxegaard와 Rolla<sup>23)</sup>는 반응시간, pH, 농도 등에 따른 법랑질과 불소의 반응산물에 관한 연구에서 반응시간이 증가하고 pH가 감소하며 불소의 농도가 증가할수록 반응산물이 증가하며 이중 시간이 가장 중요한 요소라고 하였으며 1시간 적용시 5분 적용시에 비해 4배의 반응산물이 관찰되었다고 하였다.

또한 Cruz와 Rolla<sup>24)</sup>의 연구에 의하면 법랑질에 2%의 NaF를 적용하였을 때 30초와 60초 사이에는 차이가 없었으나 5분 도포시 30초에 비해서 2배, 60분 적용시 5배의 CaF<sub>2</sub>가 형성되었다고 하였다. 또한 30초 또는 60초의 짧은 불소 적용시에는 어떠한 firmly bound fluoride를 관찰할 수 없다고 하였으나 60분 이상의 적용시에는 이러한 반응산물을 관찰할 수 있다고 하였다.

본 연구에 사용한 치면열구전색재는 unfilled sealant로는 Teethmate A, filled sealant로는 Ultraseal XT plus를 사용하였는데 Ultraseal XT plus는 Bis-GMA를 기본으로 하며 filler 함량은 60%로써 제조사에 의하면 bariumfluorosilicate가 주성분이라고 한다.

전색재에 이러한 inorganic filler를 첨가하면 전색재의 물리적 기계적인 성질이 증가하지만 기질의 점주도가 증가하게 되므로 전색재의 법랑질과의 적실성을 증가시키기 위해 유기회색제를 첨가하게 된다<sup>25)</sup>.

법랑질과 레진의 결합은 무엇보다도 사용하는 레진의 기계적인 성질과 관련이 있다<sup>26)</sup>. 레진의 filler 비율이 증가하면 composite paste의 fluidity가 감소하고 중합된 레진의 기계적인 성질이 증가한다<sup>25,29)</sup>. 이 두가지 성질 모두 레진과 산부식된 법랑질의 결합력에 영향을 미친다. Inoue 등<sup>28)</sup>에 의하면 0%에서 78%까지 레진의 filler 함량을 증가시킬수록 레진과 산부식된 법랑질과의 결합력이 증가하였으며 또한 굴곡계수와 굴곡강도가 증가하였다고 보고하였다.

Unfilled, filled 그리고 불소방출 전색재의 비교에 관한 Park 등<sup>29)</sup>의 연구에 의하면 inorganic filler가 함유된 filled sealant의 전단강도가 unfilled sealant에 비하여 더 높았으며 파절양상에서도 unfilled sealant의 경우 전색재내의 cohesive failure가 많았으며 법랑질내의 파절은 관찰되지 않았다고 하였다. 또한 산부식된 법랑질 표면의 재현성에 관한 SEM 관찰에서는 filled sealant가 더욱 미세한 재현성을 보여주었는데 이는 filler의 첨가에 의한 것보다는 이러한 filler의 첨가로 인한 점주도의 감소를 보완하기 위해 urethane monomer 등의 첨가로 인한 matrix의 성질에 기인한 것이라고 하였다.

본 연구에서는 unfilled sealant를 사용한 1, 2, 3, 4군에서는 불소로 전처리를 시행한 군과 그렇지 않은 군간에 법랑질과 전색재의 전단결합강도에서 유의한 차이를 관찰하지 못한 반면 filled sealant를 사용한 경우에는 불소를 함유하고 있는 연마재로 전처리한 경우에는 불소로 전처리를 시행하지 않은 5군과

비슷한 결합강도를 나타냈지만 1.23% APF로 처리한 6군과 2% NaF로 전처리한 7군에서는 대조군에 비해 유의하게 낮은 결합강도의 감소를 보였다( $p < 0.05$ ).

전색제를 도포하기 전에 불소를 함유한 연마제로 치면세마를 시행한 경우에는 결합력의 감소를 보이지 않았는데 이는 Bogert와 Garcia-Godoy<sup>30)</sup>가 unfilled sealant의 임상적 적용 시 불소가 함유된 연마제로 전처리하는 것이 전색제의 결합력에 영향을 미치지 않는다고 발표한 것과 일치하는 결과였으며 이것은 불소와 범랑질이 반응하는 시간이 너무 짧기 때문에 충분한 효과를 나타낼 수 없었기 때문으로 생각된다.

본 실험의 연구 결과는 불소의 도포가 범랑질과 레진의 결합력에 별다른 영향을 미치지 않는다는 여러 연구들과 다른 결과를 보였는데 그 이유로 생각할 수 있는 점으로는 우선 불소의 적용시간과 적용방법을 이유로 들 수 있다. 임상적으로 불소를 우식예방을 위해 도포할 시에는 4분간 도포를 시행한 후 거즈나 흡입기등을 이용하여 제거하고 30분간 음식물이나 음료수의 섭취를 제한하게 된다. 그러나 불소가 범랑질과 레진 또는 전색제와의 결합력에 별다른 영향을 미치지 않는다는 연구의 대부분은 1에서 4분의 짧은 적용시간 후에 곧 바로 물로 세척한 경우가 많았다. 이번 연구에서는 임상에서와 더욱 유사한 조건을 부여하기 위해 불소를 도포한 후 물로 세척하지 않고 거즈를 이용하여 가능한 완전히 여분의 불소를 제거한 후 100% 습도하에 30분간 시편을 보관하였다.

Unfilled sealant의 경우 불소의 전처리가 결합강도에 영향을 미치지 않았는데 그 이유는 약한 물성으로 인해 전단강도를 측정하는 과정에서 범랑질과 전색제의 미세 기계적인 결합보다는 전색제 내부의 물리적인 성질이 더 크게 작용한 것으로 생각된다. 이런 결론을 뒷받침하는 것으로써 파절양상을 관찰해보면 unfilled sealant의 경우 전색제 내부의 cohesive failure가 45%로 filled sealant의 13%에 비해 매우 높게 나타났다.

Munksgaard 등<sup>31)</sup>에 의하면 치질과의 결합력은 변연간극의 형성과 관련이 있으며 이러한 간극이 없다면 17MPa의 전단결합강도가 필수적이라고 하였다. 그러나 unfilled sealant를 사용한 경우 모든 군에서 약 15MPa의 약한 결합강도를 나타냈다. 또한 범랑질의 강도는 20에서 24MPa로써 unfilled sealant가 범랑질과 전색제 계면사이에서의 결합력에 영향을 미치기에는 물리적 성질이 약하다고 할 수 있다. 따라서 불소를 전처리하지 않고 산부식한 경우에 나타나는 범랑소주내의 미세한 공간에 형성된 레진 tag의 유무는 전색제의 약한 물성으로 인해 결합력에 큰 영향을 주지 않으므로 불소로 전처리한 경우와 전단결합강도에서 차이가 없는 것으로 생각된다.

이에 반해 filled sealant의 경우 filler의 첨가로 인한 물리적 성질의 향상으로 불소로 전처리 하지 않은 경우 약 21MPa의 전단결합강도를 보여주었는데 이러한 강도는 범랑소주내의 미세한 공간에 형성된 레진 tag가 범랑질과 전색제사이의 결합력에 영향을 미쳤을 것으로 생각할 수 있으며 불소로 전처리하고 산부식시 이러한 미세한 공간의 감소로 인해 결합력의 감소를 보인 것으로 생각된다.

본 실험에서는 모든 시편을 500회의 열순환을 시행하였는데 이는 레진에 의한 수분의 흡수와 수복물과 치질의 열팽창계수의 차이에 의한 효과를 보기 위한 것이었다<sup>32)</sup>. Crim과 Garcia-Godoy<sup>33)</sup>는 100회와 1500회 열순환을 시행하였을 때 레진의 미세누출에서 차이를 발견하지 못했으며 Burger 등<sup>34)</sup>도 100회와 4000회 열순환에서 레진의 전단결합강도에서 차이가 없다고 보고하였다.

또 다른 변수로써 산부식시간이 있는데 여러 연구에서 산부식시간이나 gel 또는 solution 형태의 산부식 용액을 사용하는 것이 레진과 범랑질의 결합력이나 전색제의 유지력에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다고 한다<sup>35-41)</sup>.

대부분의 연구에서 짧은 시간동안의 불소 적용은 범랑질에 약하게 결합하고 있는 미세 입자만을 형성하며 물에 의한 세척으로 쉽게 제거된다고 하였다. Duschner 등<sup>41)</sup>에 의하면 중성의 NaF를 범랑질 표면에 적용하는 실험에서 1분이나 1시간 동안의 반응시간으로는 전자현미경상에서 어떠한 표면변화도 관찰할 수 없었으며 24시간 접촉시에는 약 200nm 크기의 과립형태 구조물이 관찰되었으나 균일한 분포를 보이지는 않았으며 72시간 후에는 균일한 분포를 보였다고 하였다. 또한 Nelson 등<sup>20)</sup>에 의하면 APF를 5분간 범랑질에 도포한 후 흐르는 물로 세척하고 전자현미경을 관찰한 결과에 의하면 20에서 50nm 크기의 입자들로 구성된 일정한 두께의 층을 형성하였고 크기가 큰 구형 과립은 관찰되지 않았으며 범랑질에 약하게 결합된 형태라고 하였다. 영구적으로 결합하는 불소의 수준이 낮고 상대적으로 얇은 층의 CaF<sub>2</sub>를 형성함에도 불구하고 APF 겔이 그 효과를 나타내는 것은 CaF<sub>2</sub>가 prism etch pit을 채우기 때문이다<sup>43)</sup>. 이러한 prism etch pit은 범랑질 표면상에서 국소적으로 높은 용해성을 가지고 있으며 perikymata에 평행한 부위에 위치하고 있다. 유사한 prism etch pit이 초기 우식부위가 생성되는 동안에 관찰된다<sup>43)</sup>. 비록 표면을 덮고 있는 CaF<sub>2</sub>의 대부분이 씻겨나갈지라도 이런 소와의 CaF<sub>2</sub>는 비교적 오랜동안 유지될 수 있다. 이런 소와의 CaF<sub>2</sub>가 분해되어 불소이온이 만들어지며 이것은 결과적으로 범랑질의 재광화와 범랑질 결정의 분해를 억제하게 된다<sup>44,45)</sup>.

산부식한 후의 범랑질 표면을 전자현미경으로 관찰한 결과를 보면 APF나 NaF를 도포한 경우에 비해 전처리를 시행하지 않은 대조군이나 불소를 포함한 세마제로 치면세마를 시행한 경우에는 더욱 거친 표면양상을 보였으며 상대적으로 불소로 전처리한 경우에는 미세한 틈이나 공간이 현저히 적은 평활한 모습을 보였다. 그러나 범랑질과 불소의 반응에 대한 여러 연구에서와 같은 정도의 불소반응산물은 관찰되지 않았는데 이것은 이들 연구에 비해 상대적으로 짧은 적용시간으로 인해 범랑질과 불소가 반응할 수 있는 시간이 적었으며 이런 반응산물은 범랑질과 약하게 결합된 상태이므로 물로 세척하고 산부식하는 과정에서 범랑질 표면으로부터 모두 제거되었으리라 생각되며 따라서 이러한 반응산물이 기계적으로 전색제와 범랑질의 결합을 방해했으리라고는 생각되지 않는다.

그러나 본 연구에서는 불소 전처리를 시행한 군과 그렇지 않

은 공간에 실제 산부식된 법랑질의 미세한 공간에 형성된 레진 tag의 모양을 관찰하지 못한 부분이 부족한 점이라 생각되며 차 후 이러한 연구가 필요하리라 생각된다.

V. 결 론

본 실험은 소아치과에서 널리 이용하고 있는 우식예방법인 불소도포가 치면열구전색제와 법랑질과의 결합에 미치는 영향을 알아보고자 법랑질표면을 불소로 전처리한 후에 전색제를 중합시키고 전단강도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Unfilled sealant를 사용한 1, 2, 3, 4군에서는 법랑질을 불소로 전처리한 군과 그렇지 않은 군간에 전단결합강도에서 유의한 차이를 보이지 않았다.
2. Filled sealant를 사용한 경우 각각 1.23% APF와 2.0% NaF로 전처리한 6군과 7군은 불 소로 전처리를 시행하지 않은 5군과 불소함유 세마제로 치면세마를 시행한 8군에 비해 유의하게 낮은 전단결합강도를 보여주었다(p<0.05).
3. 전자현미경 관찰에서 불소로 전처리하지 않은 대조군과 불소가 포함된 세마제를 이용하여 치면세마를 시행한 군을 산부식한 법랑질표면은 1.23% APF와 2.0% NaF로 전처리하고 산부식한 법랑질의 표면에 비해 더 거친 표면양상을 보여주었다.

참고문헌

1. Simonsen RJ : Retention and effectiveness of dental sealants after 15 years. J Am Dent Assoc 122:34-38, 1991.
2. Simonsen RJ : Retention and effectiveness of pit and fissure sealant at 10 years. Quint Int 20:75-81, 1989.
3. Koulourides T, Keller SE, Manson-Hing L, et al. : Enhancement of fluoride effectiveness by experimental cariogenic priming of human enamel. Caries Res 14:32-39 1980.
4. Larsen MJ, Fejerskov O : Structural studies on calcium fluoride formation and uptake of fluoride in surface enamel in vitro. Scand J Dent Res 86:337-345, 1978.
5. Sheykhoslam Z, Buonocore MG, Gwinnett AJ : Effect of fluorides on the bonding of resins to phosphoric acid-etched bovine enamel. Arch Oral Biol 17:1037-1045, 1972.
6. Gwinnett AJ, Buonocore MG, Sheykhoslam Z : Effect of fluoride on etched human and bovine tooth enamel surfaces as demonstrated by scanning electron microscopy. Arch Oral Biol 17:271-278, 1972.
7. Thornton JB, Retief DH, Bradley EL Jr, et al. : The

- effect of fluoride in phosphoric acid on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. Am J Orthod Dentofacial Orthop 90:91-101, 1986.
8. Garcia-Godoy F, Hubbard GW, Storey AT : Effect of a fluoridated etching gel on enamel morphology and shear bond strength of orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 100:163-170, 1991.
9. Garcia-Godoy F, Perez R, Hubbard GW : Effect of prophylaxis pastes on shear bond strength. J Clin Orthod 25:571-573, 1991.
10. Takahashi Y, Arakawa Y, Matsukubo T, et al. : The effect of sodium fluoride in acid etching solution on sealant bond and fluoride uptake. J Dent Res 59:625-630, 1980.
11. Wright FA, Beck DJ : Prevention of pit and fissure caries. 3. Fluoride and resin-enamel bonding. N Z Dent J 69:77-84, 1973.
12. Grajower R, Glick A, Gedalia I, et al. : Tensile strength of the bond between resin to enamel etched with phosphoric acid containing fluoride. J Oral Rehabil 6:267-272, 1979.
13. Kochavi D, Gedalia I, Anaise J : Effect of conditioning with fluoride and phosphoric acid on enamel surfaces as evaluated by scanning electron microscopy and fluoride incorporation. J Dent Res 54:304-309, 1975.
14. Low T, von Fraunhofer JA, Winter GB : Influence of the topical application of fluoride on the in vitro adhesion of fissure sealants. J Dent Res 56:17-20, 1977.
15. Barcroft BD, Childers KR, Harris EF : Effects of acidulated and neutral NaF solutions on bond strengths. Pediatr Dent 12:180-182, 1990.
16. Koh SH, Chan JT, You C : Effects of topical fluoride treatment on tensile bond strength of pit and fissure sealants. Gen Dent 46:278-280, 1998.
17. Garcia-Godoy F : Shear bond strength of a resin composite to enamel treated with an APF gel. Pediatr Dent 15:272-274, 1993.
18. Aboush YE, Tareen A, Elderton RJ : Resin-to-enamel bonds: effect of cleaning the enamel surface with prophylaxis pastes containing fluoride or oil. Br Dent J 171:207-209, 1991.
19. Duke S, Forward GC : Calcium fluoride and fluoridated hydroxyapatite formation in relation to the acid dissolution rate of enamel mineral. Caries Res 12:12-20, 1978.

20. Nelson DG, Jongebloed WL, Arends J : Morphology of enamel surfaces treated with topical fluoride agents: SEM considerations. *J Dent Res* 62:1201-1208, 1983.
21. Rolla G : On the role of calcium fluoride in the cariostatic mechanism of fluoride. *Acta Odontol Scand* 46:341-345, 1988.
22. Rolla G, Saxegaard E : Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. *J Dent Res* 69:780-785, 1990.
23. Saxegaard E, Rolla G : Fluoride acquisition on and in human enamel during topical application in vitro. *Scand J Dent Res* 96:523-535, 1988.
24. Cruz R, Rolla G : The effect of time of exposure on fluoride uptake by human enamel from acidulated fluoride solutions in vitro. *Acta Odontol Scand* 50:51-56, 1992.
25. Li Y, Swartz ML, Phillips RW, et al. : Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res* 64:1396-1401, 1985.
26. Zidan O, Asmussen E, Jorgensen KD : Correlation between tensile and bond strength of composite resins. *Scand J Dent Res* 88:348-351, 1980.
27. Braem M, Finger W, Van Doren VE, et al. : Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater* 5:346-348, 1989.
28. Inoue M, Finger WJ, Mueller M : Effect of filler content of restorative resins on retentive strength to acid-conditioned enamel. *Am J Dent* 7:161-166, 1994.
29. Park K, Georgescu M, Scherer W, et al. : Comparison of shear strength, fracture patterns, and microleakage among unfilled, filled, and fluoride-releasing sealants. *Pediatr Dent* 15:418-421, 1993.
30. Bogert TR, Garcia-Godoy F : Effect of prophylaxis agents on the shear bond strength of a fissure sealant. *Pediatr Dent* 14:50-51, 1992.
31. Munksgaard EC, Irie M, Asmussen E : Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res* 64:1409-1411, 1985.
32. Retief DH : Standardizing laboratory adhesion tests. *Am J Dent* 4:231-236, 1991.
33. Crim GA, Garcia-Godoy F : Microleakage: the effect of storage and cycling duration. *J Prosthet Dent* 57:574-6, 1987.
34. Burger KM, Cooley RL, Garcia-Godoy F : Effect of thermocycling times on dentin bond strength. *J Esthet Dent* 4:197-198, 1992.
35. Stephen KW, Kirkwood M, Main C, et al. : Retention of a filled fissure sealant using reduced etch time. A two-year study in 6 to 8-year-old children. *Br Dent J* 153:232-233, 1982.
36. Eidelman E, Shapira J, Houpt M : The retention of fissure sealants using twenty-second etching time: three-year follow-up. *J Dent Child* 55:119-120, 1983.
37. Shaffer SE, Barkmeier WW, Kelsey WP : Effects of reduced acid conditioning time on enamel microleakage. *Gen Dent* 35:278-280, 1987.
38. Barkmeier WW, Gwinnett AJ, Shaffer SE : Effects of enamel etching time on bond strength and morphology. *J Clin Orthod* 19:36-38, 1985.
39. Beech DR, Jalaly T : Bonding of polymers to enamel: influence of deposits formed during etching, etching time and period of water immersion. *J Dent Res* 59:1156-1162, 1980.
40. Brannstrom M, Malmgren O, Nordenvall KJ : Etching of young permanent teeth with an acid gel. *Am J Orthod* 82:379-383, 1982.
41. Gwinnett AJ, Garcia-Godoy F : Effect of etching time and acid concentration on resin shear bond strength to primary tooth enamel. *Am J Dent* 5:237-239, 1992.
42. Duschner H, Gotz H, Ogaard B : Fluoride-induced precipitates on enamel surface and subsurface areas visualised by electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci* 105:466-472, 1997.
43. Dijkman AG, Tak J, Arends J : Fluoride deposited topical applications in enamel. KOH-soluble and acquired fluoride. *Caries Res* 16:147-155, 1982.
44. Haikel Y, Frank RM, Voegel JC : Scanning electron microscopy of the human enamel surface layer of incipient carious lesions. *Caries Res* 17:1-13, 1983.
45. Nelson DG, Featherstone JD, Duncan JF, et al. : Effect of carbonate and fluoride on the dissolution behaviour of synthetic apatites. *Caries Res* 17:200-211, 1983.

**Abstract**

**THE EFFECT OF FLUORIDE PRETREATMENT ON SHEAR BOND  
STRENGTH BETWEEN ENAMEL AND FISSURE SEALANT**

Phil-Jun Ryu, D.D.S., Ki-Taek Jang, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Chong-chul Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Pediatric Dentistry and Dental Research Institute, College of Dentistry, Seoul National University*

This study seeks to know the effect of fluoride topical application on the shear bond strength between enamel and fissure sealant.

On group 1,2,3,4, Teethmate A(unfilled sealant) and on group 5,6,7,8 Ultraseal XT(filled sealant) were used. Group 1 and 5 were not pre-treated with fluoride and group 2 and 6 were pre-treated with 1.23% APF for 4minutes. Group 3 and 7 were pretreated with 2.0% NaF for 4 minutes, and group 4 and 8 were pumiced with abrasive containing fluoride for 10 seconds. Prepared specimens were acid etched for 30 seconds using 35% phosphoric acid, and then sealant was cured to the specimen using a 3mm diameter by 2mm height mold. They went through thermocycling. Its shear bond strength was measured, and then acid etched both groups that were pretreated with fluoride and that were not pretreated with fluoride. Then we examined the surface of the specimen with EM and came up with these results. In groups using unfilled sealant(group1,2,3,4), there were no significant differences between groups pretreated with fluoride and groups not pretreated with fluoride. In groups using filled sealant(group 5,6,7,8), groups 6 and 7(treated with 1.23% APF 2.0% NaF respectively) showed significantly lower shear bond strength, compared to group 5 (not pretreated with fluoride) and group 8 (pumiced with abrasive containing fluoride) ( $p < 0.05$ ).

**Key words** : Fluoride, Fissure sealant, Shear bond strength