

## 불소방출 치면열구전색제의 항우식효과에 관한 실험적 연구

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

김 정 욱

Abstract

### AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE ANTICARIOGENIC EFFECT OF FLUORIDE-RELEASING PIT AND FISSURE SEALANT

Jung-Wook Kim, D.D.S., M.S.D.

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

The purpose of this study was to investigate whether fluoride-releasing pit and fissure sealant was more effective in preventing caries than conventional non-fluoride-releasing sealant. Specimens 8mm in diameter were made from sound bovine enamel. Fluoride-releasing pit and fissure sealant(Helioseal F, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and non-fluoride-releasing sealant(Helioseal, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) were applied to the specimens and artificial caries was induced. Microhardness and the depth of the carious lesion was measured. The following results were obtained:

1. In group 2, sealed with fluoride-releasing sealant, there was a 58.4% decrease in microhardness. This was significantly less than the 84.4% decrease observed in group 1, sealed with non-fluoride-releasing sealant( $p < 0.01$ ).
2. The average depth of the artificial carious lesion in group 2 was  $30.1 \pm 9.8 \mu\text{m}$ . In group 1, sealed with non-fluoride-releasing sealant, the lesion was significantly deeper with an average depth of  $58.5 \pm 4.9 \mu\text{m}$  ( $p < 0.01$ ).
3. Fluoride-releasing pit and fissure sealant was more anticariogenic compared to non-fluoride-releasing sealant.

**Key words** : Fluoride, pit and fissure sealant, anticariogenic effect, artificial caries, microhardness

## I. 서 론

치아우식증을 예방하기 위하여 사용되는 방법으로 식이조절, 칫솔질교습, 전신적 또는 국소적인 불소의 이용, 그리고 치면열구전색 등이 있다. 최근에 불화물 사용의 증가와 구강위생에 대한 관심 증가 등의 이유로 치아우식증이 점점 감소하고 있다<sup>1)</sup>.

치아 교합면에 생긴 소와 열구는 발육중의 상호 유합 이상에서 생긴다고 볼 수 있다. 이렇게 형성된 소와 열구는 간격이 좁고 홈이 깊게 파져 있으므로 우식원인균과 음식물이 잘 저류되고 타액에 의한 자체 청결이 되지 않고 세균에 의해서 만들어진 산의 축적이 계속 증가되며, 국소적인 불소도포나 기계적인 세척 방법에 의한 효과가 매우 적고, 특히 맹출 중이거나 맹출한 지 얼마 되지 않은 치아의 경우 치질이 미성숙되어 유약하므로 우식에 매우 민감하다<sup>2)</sup>.

1987년 NIDR의 조사에 의하면, 영구치열의 경우 소아 및 청소년의 전체 우식 경험을 중 약 60%가 교합면우식이었다. 교합면이 전체 치면의 1/3 정도이면서 전체 우식경험율의 60%를 차지하며, 협설면의 소와 열구에서 발생하는 우식까지 고려한다면, 우식의 90%가 소와 열구에서 발생한다고 할 수 있다<sup>3)</sup>.

이러한 소와 열구의 우식을 예방하는 방법으로 1924년 Hyatt는 소와 열구부위에 보존적인 1급 와동을 형성하고 아말감으로 충전하는 예방적 치아수복술(prophylactic restoration)을 소개하였고, 1929년 Bodecker는 소와 열구부위를 탐침으로 청결하게 한 후 oxyphosphate cement로 전색할 것을 주장하였으며, 후에 예방적 치아 삭제술(prophylactic odontomy)을 소개하였다. 이후 1955년 Buonocore가 법랑질에 대한 산부식법을 소개한 이래 1960년대 중반 cyanoacrylate를 이용하여 전색하는 방법이 소개되었으나, 이는 시간 경과에 따라 구강내에서 bacteria에 의해 분해되는 단점 때문에 적합한 재료가 아니었다. 1956년 Bowen이 Bis-GMA(Bisphenol-A diglycidyl methacrylate)를 합성하면서 이것을 포함한 재료들이 많이 사용되고 있다<sup>4)</sup>.

치면열구전색제는 그 중합방법에 따라 화학중

합형과 광중합형으로 나눌 수 있는데 현재는 가시광선중합형이 주로 사용되고 있다. 이는 480nm 파장에 민감한 광개시체계로서 camphoroquinone 같은 diketone 개시제와 3차 amine 같은 환원제가 중합시작을 위해서 사용된다<sup>5)</sup>.

치면열구전색제는 연간 약 5-10%정도가 소실되는 것으로 보고되고 있으며, 마모나 파절에 의한 영향이나 시술시 타액에 의한 오염 및 열팽창계수의 차이 등에 의해 전색제가 탈락하거나 미세 누출이 발생할 경우에는 전색제 하방에서 우식이 진행될 수 있다<sup>6)</sup>.

한편 치면열구전색제에 불소를 첨가하여 부가적인 항우식효과를 얻으려는 시도가 계속되어 왔고, 현재 여러 종류의 불소방출 치면열구전색제가 시판되고 있다. 불소의 지속적인 유리로 법랑질내의 불소농도를 증가시키고 산에 대한 용해도를 감소시켜 항우식효과를 얻을 수 있다고 보고된 바 있다<sup>7)</sup>.

그러나 국내에서는 이러한 불소방출 치면열구전색제에 대한 기초적인 연구가 부족하며, 중합율과 불소 방출량에 관해서는 일부 보고된 바 있지만, 실제로 시술되어 우식병소 형성시에 어느 정도의 항우식효과를 발휘하는 지에 관하여는 보고된 바 없다.

이에 저자는 불소가 들어 있지 않은 치면열구전색제에 비해 불소방출 치면열구전색제가 어느 정도의 항우식효과를 나타내는 지를 계량적으로 평가해 보고자, 인공우식 유발 전과 후의 표면 미세경도 변화량과 인공우식병소의 깊이를 측정 비교하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구재료

치아 우식이 없고 마모가 적은 소의 건전 전치를 대상치아로 하였고, 이물질을 제거하고 초음파 세척을 시행한 후, 법랑질에 균열이나 파절이 없는 것을 선별하여 사용하였다. 1군은 불소가 들어 있지 않은 치면열구전색제인 Helioseal(Vivadent, Schaan, Liechtenstein)을, 2군은 불소가 들어 있는 치면열구전색제인 Helioseal F(Vivadent, Schaan,

Table 1. Material used in the study

	Group 1 (Helioclear)	Group 2 (Helioclear F)
Batch Number	323093	802889
Composition		Bis-GMA 11.6%
	Bis-GMA 58.2%	Urethanedimethacrylate 23%
	TEGDMA 39.3%	TEGDMA 22.9%
		Fluorosilicate glass 20%
		Silanized silicon dioxide 21.5%

Liechtenstein)를 사용하였다(Table 1).

## 2. 연구방법

### 1) 시편제작

선택된 우전치를 내경 8mm인 diamond core drill 을 사용하여 원형으로 잘라 낸 뒤, 가로 20mm 세로 20mm 높이 15mm의 직육면체 아크릴에 만들어진 직경 9mm의 구멍에 투명레진을 이용하여 범랑질 표면이 노출되도록 매몰하여 경화시켰다. 범랑질 표면이 평면이 되고 광택이 나도록 500, 800, 1000, 4000grit 탄화규소 연마지로 연마하였다.

### 2) 인공우식 유발 전 미세경도 측정

미세경도는 Microhardness Tester (Shimadzu Co., Model HMV-2000 No. 33100410, Japan)를 이용하여 50g의 load를 5초간 가하는 조건으로 Vickers' Hardness Number(VHN)를 측정하였다. 측정은 시편 중심부에서 이루어지도록 하였으며 각 시편당 3회의 측정을 시행하여 평균치를 각 시편의 미세경도로 사용하였고, 미세경도 측정결과 측정치가 타표본에 비해 크게 차이가 나는 것은 제외시키고, 1군과 2군의 미세경도가 비슷하도록 나누어 군당 11개씩의 시편을 선택하였다.

### 3) 치면열구전색제의 적용

시편의 중앙부에 폭 2mm의 접착테이프(Alpha line tape, Formaline, USA)를 부착시킨 후 37% 인산으로 15초간 산부식시키고 15초간 수세하고 30초간 건조시킨 후에 Microsyringe를 이용하여 치면열구전색제 10 $\mu$ l를 도포하고 가시광선 조사기(Curing Light XL 3000, 3M Dental Co., USA)로 20초간 중합하였다. 중합후 표면의 미반응층을 면

구를 이용하여 닦아내고 접착테이프를 제거하였다.

### 4) 인공우식의 유발

0.1M lactic acid 용액에 6 wt% hydroxyethyl cellulose(Aldrich, USA)를 첨가하고 5% NaOH와 pH meter를 사용하여 pH 4.0으로 조정된 인공우식 용액을 만들어 플라스틱용기에 10ml씩 넣고 각 시편을 위로 향하도록 위치시킨 후 밀봉하였다. 37 $^{\circ}$ C로 조정된 항온 수조에서 24시간 동안 보관하여 인공우식을 발생시켰다.

### 5) 인공우식 유발 후 미세경도 측정

인공우식이 유발된 시편을 충분한 양의 탈이온 증류수로 세척하고, 따뜻한 공기로 건조시킨 후 치면열구전색제가 도포되지 않은 시편의 중앙부를 선택하여 인공우식 유발 전 미세경도 측정 방식과 동일하게 시편당 3회씩 측정을 시행하였다.

### 6) 편광 현미경 표본 제작 및 관찰

미세경도 측정이 끝난 후 시편의 중앙을 diamond microtome(Isomet<sup>TM</sup>, Buehler, Illinois, USA)으로 절단한 후 회전연마기에서 절단 표면을 500, 800, 1000, 4000grit 탄화규소 연마지로 연마한 후 1 $\mu$ m alumina paste(Beuhler, USA)로 표면에 scratch가 없도록 최종 연마한 후 다시 diamond microtome에서 300-400 $\mu$ m의 두께로 절단하고 절편의 연마된 쪽을 slide glass에 cyanoacrylate로 부착시키고 표면을 반대편과 같은 방법으로 연마하여 50-70 $\mu$ m의 연마박편을 제작하였다. 완성된 연마 박편을 편광현미경(Zeiss, German)으로 DDW를 떨어뜨리고 cover glass로 덮은 후 cross polar 상태에서 100배와 200배로 관찰하였으며 인공우식 병소

의 깊이를 치면열구전색제 변연에서 300 $\mu$ m 떨어진 곳까지 측정하고 가장 깊은 곳을 측정치로 택하였다.

7) 통계처리

인공우식유발전과 유발후의 미세경도 변화량과 형성된 병소의 깊이를 t-test를 이용하여 통계 처리하였다.

III. 연구 결과

1) 인공우식 유발 전과 후의 미세경도 변화

인공우식 유발에 의한 미세경도 감소율을 계산해 본 결과 1군에서는 평균 84.4%가 감소하였고, 2군에서는 58.4%가 감소하여 군간 유의한 차이가 있었다(p<0.01, Fig. 1).

2) 인공우식 병소깊이

1군의 평균 병소깊이는 58.5 $\pm$ 4.9 $\mu$ m이었고, 2군에서는 30.1 $\pm$ 9.8 $\mu$ m로서 유의한 차이가 있었다(p<0.01, Fig. 2).

IV. 총괄 및 고찰

치면열구전색제의 유지율에 대하여 Dennison 등<sup>9)</sup>은 7년 동안의 관찰기간동안 56%는 재치료가 필요하지 않았으며, 28%는 한 번의 재치료를, 8%는 두 번의 재치료를 필요로 하였으며, 단지 8%만이 세 번의 재치료를 필요로 하였다고 보고하면서 매년 예상되는 재치료 빈도는 약 8%이며, 첫 도포

후 6개월경에 가장 높은 빈도의 재치료가 이루어졌다고 하였다. 또한 5세에서 7세 사이의 연령군에서 가장 많은 숫자의 재치료가 필요하였다고 하였다.

이처럼 교합력에 의한 스트레스나 기계적인 마모, 시술시의 수분 침투, 온도적 변화 등에 의해 전색제가 탈락되거나 미세누출이 발생할 수 있는 바, 유지율의 증가와 전색제 탈락후의 열구내 치질 내 산성 증가를 도모할 수 있는 전색제의 개선을 위한 노력이 이루어졌고, 이러한 노력의 일환으로 전색제에 불소를 첨가하여 항우식효과를 증진시키려는 시도가 계속되었다.

Swartz 등<sup>9)</sup>은 불화나트륨을 첨가한 수복용 복합레진을 사용하였으나 수일 내에 불소의 유리가 급격히 감소하였기 때문에 항구적인 효과가 없다고 보고한 반면, Rawls와 Querens<sup>10)</sup>, Rawls와 Zimmerman<sup>11)</sup>은 30일 이상 지속적으로 불소이온을 유리하는 복합레진의 개발을 보고하였고, Kadoma와 Masuhara<sup>12)</sup>는 불소를 함유한 MF-MMA(methacrylyl fluoride-methyl methacrylate) 공중합체를 개발하였는데 이것은 불소가 카보닐기에 공유 결합된 형태로 존재하여 수용액 내에서 가수분해에 의해 2년 이상 서서히 불소가 유리된다고 보고한 바 있다.

불소를 함유한 치면열구전색제는 낮은 농도의 불소이온을 지속적으로 유리하여 법랑질에 침착하므로 전색제 탈락 후에도 불소에 의한 항우식 효과가 있다고 하였으며<sup>13)</sup>, Tanaka 등<sup>14)</sup>은 주변 법랑질의 불소농도가 높아지는 것을 보고하였는데, 법랑질 생검에서 대조군은 10 $\mu$ m과 60 $\mu$ m의 깊이에

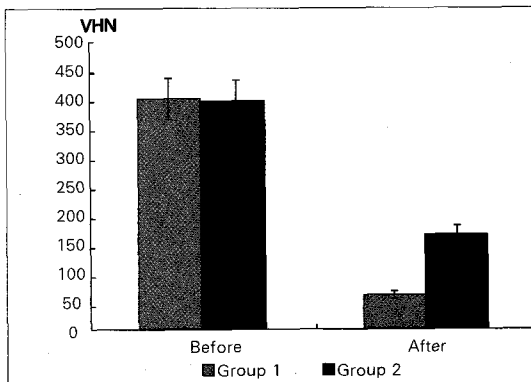


Fig. 1. Microhardness value(VHN)

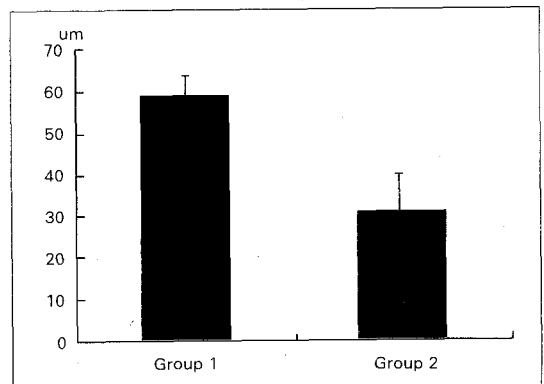


Fig. 2. Artificial carious lesion depth( $\mu$ m)

서 각각 650ppm과 200ppm의 불소농도를 나타낸 반면, 실험군에서는 3500ppm과 1700ppm으로 불소가 상당량 흡수되었다고 보고하였다.

전색제로부터 유리된 불소는 법랑질의 수산이온을 치환시켜 불화인회석을 형성하므로써 치밀한 결정을 유지하여 산에 대한 용해도를 감소시키며, 결정성장을 촉진함으로써 탈회와 재석회화가 계속적으로 반복되는 우식병소의 동적 과정에서 재석회화가 원활히 이루어지게 한다<sup>15)</sup>.

ten Cate와 Arends는<sup>16)</sup> 고농도의 불소를 도포할 경우 법랑질의 표층만이 재석회화되고 표층의 세공을 막아 무기 이온의 확산을 방해하여 보다 깊은 법랑질 내부의 재석회화를 억제하므로 낮은 농도로 자주 도포하는 것이 유리하다고 하였다. 이런 관점에서 보면, 불소방출 치면열구전색제가 비록 초기에 불소가 많이 방출되는 burst effect를 나타내지만<sup>17)</sup>, 낮은 농도이기는 하나 지속적으로 불소를 유리한다는 점에서 구강내에서 우식에 민감한 소와 열구 부위의 전색에 의한 우식예방효과뿐만 아니라 치면열구전색제와 인접한 부위의 탈회를 억제하며, 재석회화를 촉진시켜 주리라 여겨진다.

인공우식 병소의 양상을 평가하는 방법으로는 EPMA(electron probe microanalysis)<sup>18)</sup>, microradiography<sup>19)</sup>, 미세경도측정<sup>20)</sup>, 주사전자현미경관찰<sup>21)</sup>, CLSM(confocal laser scanning microscopy)<sup>22)</sup>, 화학적 분석<sup>23)</sup> 및 편광현미경관찰<sup>24)</sup> 등이 있는데 본 연구에서는 미세경도측정을 통하여 표면의 경도를 측정하였고, 편광현미경으로 우식병소의 깊이와 양상을 관찰하였다.

미세경도 측정방법은 초기 병소의 탈회량을 간접적으로 측정하는 것으로서 치질표층에서의 변화나 병소의 측정에 유용한 방법으로 많은 연구에서 사용되고 있다<sup>25)</sup>.

본 연구에서 표면의 미세경도의 변화량을 측정한 결과 불소가 포함되지 않은 1군에서는 평균 84.4%가 감소하였고, 불소가 포함되어 있는 2군에서는 58.4%가 감소하여 우식발생이 현저하게 억제된 것으로 나타났고, 이는 표층의 경도가 더 높아서 동일한 크기의 병소가 발생하였더라도 표층의 기계적인 소실이 적게 일어나게 되고, 결과적으로 재석회화의 가능성을 높여 주는 작용을 하

게 될 것으로 여겨진다.

편광현미경 표본 관찰은 병소의 양상에 대하여 유용한 정보를 제공해 주는데, 편광 현미경 관찰 시 법랑질 우식에서 치아보다 굴절률이 작은 매개인 공기, 물, epoxy resin에 침윤시켰을 때 탈회가 발생한 부위는 세공에 매개가 침윤되어 빛이 분산됨으로써 양성복굴절을 보이며 탈회가 없는 부위는 법랑질의 내재 복굴절에 의해 음성복굴절을 보인다. 반면에 법랑질과 굴절률이 유사한 quinoline(RI=1.62)에 침윤시키면 심한 탈회부분은 quinoline으로 침윤되어 법랑질과 동일한 음성복굴절을 보이지만 작은 세공에는 공기가 매개되어 양성복굴절을 보인다. Silverstone은 이러한 매개의 침윤차이로 초기 법랑질 우식을 4개의 층으로 구분하였다<sup>26)</sup>.

본 연구에서는 편광현미경 표본을 만들기 위하여 plastic slide glass에 시편을 cyanoacrylate를 이용하여 접착시켰고 물을 매개로 사용하여 관찰하였는데, 병소의 형태가 외형과 평행하게 형성되어 있어서 병소의 깊이를 측정하는 것으로서 우식의 정도를 측정하는 것이 가능하였다. 불소가 들어 있지 않은 1군의 경우에는 불소가 포함되어 있는 2군에 비하여 병소가 깊고 크게 형성되어 있었고, 표층의 형성이 미미하여 음성복굴절을 보이지 않고 양성복굴절을 보였으며 병소본체와 연속적인 양상을 보였다(Fig. 3). 반면 불소가 포함되어 있는 2군의 경우에는 병소가 1군에 비하여 적게 형성되어 있었으며, 양성복굴절을 나타내는 갈색 병소 사이에 음성복굴절을 보이는 부위가 존재하였는데 이는 병소형성 초기단계로 여겨진다(Fig. 4). 또한 일부의 시편에서는 음성복굴절을 보이는 건전표층을 갖고 있었으며, 그 하방부에 양성복굴절을 나타내는 병소가 형성되어 있었다(Fig. 5).

이러한 양상은 사람의 소구치에 불소가 들어 있지 않은 치면열구전색제를 도포한 뒤의 인공우식 병소 양상에 대한 Hicks 등<sup>27)</sup>의 연구보고와 일치하는 것이며, Margolis 등<sup>28)</sup>은 사람의 대구치를 불소가 들어 있지 않은 인공우식용액으로 우식을 유발한 경우 급격한 법랑질의 탈회가 일어났으며, 72 시간 이내에 와동이 형성되었다고 보고하였다. 또한 Borsboom 등<sup>29)</sup>은 소의 치아를 불소가 들어 있지 않은 인공우식용액으로 탈회시키면 표층의 형

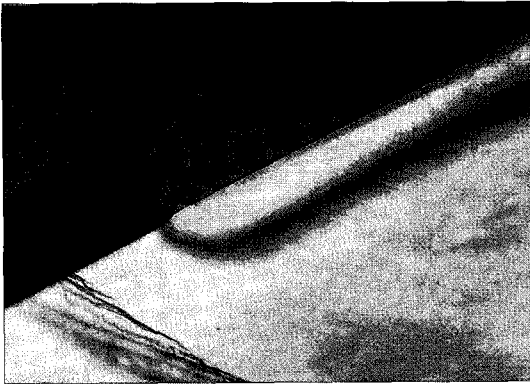


Fig. 3. Polarized microscopic image of artificial caries lesion of group 1( $\times 200$ )

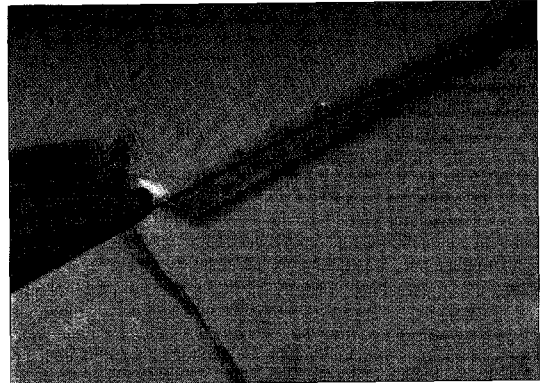


Fig. 4. Polarized microscopic image of artificial caries lesion of group 2( $\times 200$ )



Fig. 5. Polarized microscopic image of artificial caries lesion of group 2( $\times 200$ )

성없이 법랑질의 병소가 유발됨을 보고하였다.

본 연구에서 인공우식병소의 깊이는 1군에서는  $58.5 \pm 4.9 \mu\text{m}$ 이었고, 2군에서는  $30.1 \pm 9.8 \mu\text{m}$ 로서 병소 깊이가 약 48.6% 감소한 것으로 나타났다.

Arends 등<sup>30)</sup>은 불소가 포함된 composite를 치아에 수복하고 인공우식을 유발한 후에 불소가 들어 있지 않은 composite와의 비교에서, 발생한 병소가 불소를 포함하는 composite의 경우에서 약 35% 감소하였음을 보고하였고, Jensen 등<sup>31)</sup>은 불소를 포함하는 치면열구전색제(Fluoroshield)와 불소를 포함하지 않는 치면열구전색제(Prisma-shield)를 V급 외동에 충전하고 인공우식을 유발시킨 후의 평균 병소깊이를 각각  $1.22 \pm 0.61$  unit과  $4.17 \pm 0.95$  unit로 보고하였으며, Hicks와 Flaitz<sup>32)</sup>는 유치에 V급 외동을 형성한 뒤에 치면열구전색제(Fissurit, Fissurit F)를 충전하고 인공우식을 형성

한 후에 병소본체의 크기가 약 30%정도 감소하였음을 보고하였다.

본 연구에서 인공우식 용액으로 lactic acid에 hydroxyethyl cellulose를 첨가하여 점도를 높여 사용하였는데, Groeneveld 등<sup>33)</sup>은 hydroxyethyl cellulose system을 사용하여 자연우식 상태와 유사한 병소를 유발할 수 있으며 법랑질 외형에 평행하고 일정한 깊이를 가진 병소를 유발시킬 수 있어서 동일조건하에서의 재현성이 높다고 하였다. 이러한 인공우식 유발용액으로 발생시킨 법랑질 초기우식병소의 특징은 초기에 무기질이 소실되는 과정이 표층부에서 내부로 일어나지만 병소의 형성 과정이 진행되면서 석회화도가 높은 표층이 형성되고 표층하부에 탈회부위가 나타나는 현상이다. 이러한 표층이 형성되는 기전으로는 내부에서 용해된 무기질이 농도의 차이에 의해 외부로 확산되는 과정에서 물리화학적 기전에 의해서 재침착이 일어난다는 견해가 가장 타당한 것으로 인정되고 있다<sup>34)</sup>.

또한 본 연구에서는 치면열구전색제의 양으로 10 $\mu\text{l}$ 를 사용하였는데, 임상적으로는 치아의 종류나 소와 열구의 형태 등에 의하여 차이는 있겠으나 김과 김<sup>35)</sup>의 소구치를 대상으로 한 연구에서 치면열구전색제의 체적은 평균  $1.86 \pm 0.89 \text{mm}^3$ 이었고, Pintado 등<sup>36)</sup>의 연구에서도 평균  $1.77 \pm 0.53 \text{mm}^3$ 로 보고되었다. 따라서 실제 임상에서 사용되는 양보다는 많은 것으로 여겨지나, 이는 기존의 V급 외동을 형성한 후에 충전하는 실험방법에서의 양보다는 적은 것으로 여겨진다. 치면열구전색제에 포함

된 불소가 시간이 경과함에 따라 방출량이 적어지고, 또한 본 연구에서 사용된 불소방출 치면열구전색제의 양이 실제 임상에서 사용되는 양보다는 다소 많아, 우식억제효과가 다소 크게 나타났을 것으로 사료되며, 시간경과에 따라서 불소 방출량이 적어지게 되었을 때에도 이런 항우식작용을 계속 유지할 수 있는 지에 대하여서 추가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

불소포함에 따른 치면열구전색제의 결합강도나 유지율에 관하여서는 여러 연구<sup>32,37)</sup>에서 차이가 없는 것으로 보고하고 있지만, 현재 여러 종류의 불소방출 치면열구전색제가 충전재에 불소를 포함시키고 있는데 충전재가 포함된 치면열구전색제는 그 점도에 의하여 소와 열구내로 잘 침투하지 못하여 유지율이나, 미세누출의 발생이 더 많다는 보고<sup>17)</sup>도 있어서 이에 대한 임상적인 적용방법의 개선이나 물리적인 성질의 개선을 위한 연구가 필요하리라고 사료된다.

실제 임상적으로 도포하는 방법과 유사한 방법으로 불소방출 치면열구전색제를 도포하여 인공우식병소를 형성한 후 표면미세경도의 변화량과 인공우식병소의 편광현미경관찰을 통하여 불소방출 치면열구전색제의 항우식효과는 본 연구를 통하여 확인되었으나, 향후 보다 더 실제 임상적인 상황과 유사한 실험 모델의 개발과 구강내에서 장기간 경과 후에도 우식억제효과를 나타내는 지에 관한 계속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

## V. 결 론

저자는 불소방출 치면열구전색제가 불소가 들어 있지 않은 치면열구전색제에 비하여 인접 치질에 항우식 효과를 나타내는 지의 여부를 관찰하고자 건전 우치 법랑질에 치면열구전색제를 시술하고 인공우식을 유발하여 미세경도를 측정하고 인공우식 병소의 깊이를 편광현미경하에서 계측하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 불소방출 치면열구전색제를 도포한 2군의 미세경도 감소율은 58.4%이고, 불소가 포함되어 있지 않은 치면열구전색제를 도포한 1군의 미세경도 감소율은 84.4%로서 유의한 차이가 있었

다( $p < 0.01$ ).

2. 불소방출 치면열구전색제를 도포한 2군의 평균 인공우식 병소의 깊이는  $30.1 \pm 9.8 \mu\text{m}$ 이고, 불소가 포함되어 있지 않은 치면열구전색제를 도포한 1군의 평균 인공우식 병소의 깊이는  $58.5 \pm 4.9 \mu\text{m}$ 로서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ).
3. 불소방출 치면열구전색제가 불소가 들어 있지 않은 치면열구전색제에 비하여 항우식 효과가 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Silverstone, LM : Fissure sealants : laboratory studies, *Caries Res* 8 : 2-26, 1974.
2. 박기철 : 미래지향적인 예방치과학, 정문각, 서울, 337-349, 1997.
3. Pinkham JR : Pediatric dentistry : Infancy through adolescence(2nd ed), W. B. Saunders Co., Philadelphia, 451-482, 1994.
4. Silverstone, LM : The use of pit and fissure sealants in dentistry: Present status and future development, *Pediatr Dent* 4 : 16-20, 1982.
5. Newman SM, Murray GA : Visible light and visible light-activated composite resin, *J Prosthet Dent* 50 : 31-35, 1983.
6. Feigal RJ : Sealants and preventive restorations: review of effectiveness and clinical changes for improvement, *Pediatr Dent* 20 : 85-92, 1998.
7. Triolo PT, Jensen ME : Effects of fluoride-releasing fissure sealant on artificial enamel caries, *J Dent Res* 68 : 279 (abst 783), 1989.
8. Dennison JB, Straffon LH, More FG : Evaluating tooth eruption on sealant efficacy, *JADA* 121 : 610-614, 1990.
9. Swartz ML, Phillips RW, Norman RD et al. : Addition of fluoride to pit and fissure sealants - a feasibility study, *J Dent Res* 55 : 757-771, 1976.
10. Rawls HR, Querens AE : The potential of an adhesive anion-exchange resin as a fluoride-releasing sealant, *J Dent Res* 59A : 491 (abst 895), 1980.

11. Rawls HR, Zimmerman BF : Fluoride-exchanging resins for caries protection. *Caries Res* 17 : 32-43, 1983.
12. Kadoma Y, Masuhara E : Controlled release of fluoride ions from MF-MMA copolymer. I. Synthesis of MF-MMA copolymer. *Makromol Chem.* 182 : 273-277, 1981.
13. Seppa L, Forss H : Resistance of occlusal fissures to demineralization after loss of glass ionomer sealant in vitro. *Pediatr Dent* 13 : 39-42, 1991.
14. Tanaka M, Omo H, Kadoma Y, Imai Y : Incorporation into human enamel of fluoride slowly released from a sealant in vivo. *J Dent Res* 66 : 1591-1593, 1987.
15. ten Cate JM : Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I. Chemical data. *Caries Res* 17 : 193-199, 1983.
16. ten Cate JM, Arends J : Remineralization of artificial enamel lesions in vitro. *Caries Res* 11 : 277-286, 1977.
17. Cooley RL, McCourt JW, Huddleston AM, Paulcasmides H : Evaluation of a fluoride-containing sealants by SEM, microleakage, and fluoride release. *Pediatr Dent* 12 : 38-42, 1990.
18. 장기택, 손동수 : 아말감 수복물의 이차우식증 발생 및 재석회화에 이장재가 미치는 영향에 관한 연구. *J Dent Coll Seoul National Univ* 19 : 19-39, 1995.
19. ten Cate JM, Duijsters PPE : Influence of fluoride in solution on the tooth demineralization. II. Microradiographic data. *Caries Res* 18 : 509-518, 1984.
20. 김용기, 김진태 : 인공 초기 우식 법랑질과 재석회화 법랑질의 표면 미세구조에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 14 : 181-198, 1987.
21. 김중철 : 초기법랑질우식증의 주사현미경적 연구. *대한소아치과학회지* 14 : 159-169, 1987.
22. González-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ et al. : Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. *Caries Res* 32 : 385-392, 1998.
23. 손일수, 김용기 : 인공 초기 법랑질 우식유발에 관한 조직 생화학적 비교 실험 연구. *대한소아치과학회지* 17 : 15-32, 1990.
24. Schmidt WJ, Keil A : Polarizing microscopy of dental tissues. Pergamon Press Ltd, Headington Hill Hsll, Oxford, USA, 474-492, 1971.
25. Featherstone JDB : Consensus conference on intra-oral models : Evaluation techniques. *J Dent Res* 71(Spec Iss) : 955-956, 1992.
26. Silverstone LM, Hicks MJ, Featherstone MJ : Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. Part I. The dynamic nature of enamel caries. *Quintessence Int* 19 : 683-711, 1988.
27. Hicks MJ, Flaitz CM, Westerman GH et al. : Caries-like lesion initiation and progression around laser-cured sealants. *Am J Dent* 6 : 176-180, 1993.
28. Margolis HC, Moreno EC, Murphy BJ : Effect of low levels of fluoride in solution on enamel demineralization in vitro. *J Dent Res* 65 : 23-29, 1986.
29. Borsboom PCF, v. d. Mei HC, Arends J : Enamel lesion formation with and without 0.12 ppm F in solution. *Caries Res* 19 : 396-402, 1985.
30. Arends J, Ruben J, Dijkman AG : The effect of fluoride release from a fluoride-containing composite resin on secondary caries: an in vitro study. *Quintessence Int* 21 : 671-674, 1990.
31. Jensen ME, Wefel JS, Triolo PT, Hammesfahr PD : Effects of a fluoride-releasing fissure sealant on artificial enamel caries. *Am J Dent* 3 : 75-78, 1990.
32. Hicks MJ, Flaitz CM : Caries formation in vitro around a fluoride-releasing pit and fissure sealant in primary teeth. *J Dent Child* 65 : 161-168, 1998.
33. Groenveld A, Purrell-Lewis DJ, Arends J : Influence of the mineral content of enamel on caries like lesions produced in hydroxyethyl cellulose buffer solutions. *Caries Res* 9 : 127-138,



- 1975.
34. Arends J, Christoffersen J : The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res* 65 : 2, 1986.
35. 김동기, 김재곤 : Computer graphics을 이용한 치면열구전색재 측정에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 17 : 135-146, 1993.
36. Pintado MR, Conry JP, Douglas WH : Measurement of sealant volume in vivo using image-processing technology. *Quintessence Int* 19 : 613-617, 1988.
37. Marcushamer M, Neuman E, Garcia-Godoy F : Fluoridated and nonfluoridated unfilled sealants show similar shear strength. *Pediatr Dent* 19 : 289-290, 1997.