

공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 불소 바니쉬 재광화 효과의 분석

권지훈 · 박호원 · 이주현 · 서현우

강릉대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강과학연구소

국문초록

본 연구의 목적은 인공적으로 형성한 법랑질 초기 우식 병소를 불소 바니쉬로 재광화하여 그에 따른 무기질의 변화를 공초점 레이저 주사 현미경을 사용하여 정량적으로 비교 평가 하는 것이다. 이 연구에서는 발거된 60개의 치아에 인공적으로 법랑질 초기 우식 부위를 형성한 후, 각 20개씩 3군으로 나누었다. 1군과 2군은 실험군으로 불소 바니쉬 도포후 각각 1주, 2주 동안 인공타액에 저장하여 재광화 했으며, 3군은 대조군으로 2주간 인공타액에 저장하였다. 그 후 공초점 레이저 주사 현미경을 사용하여 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군에서 탈회 후 불소 바니쉬를 도포한(재광화) 부위의 형광강도는 탈회 부위보다 각각 통계적 유의성 있게 감소하였다($p < 0.05$).
2. 불소 바니쉬를 도포하고 인공타액에 2주간 보관한 군이 1주간 보관한 군보다 불소 바니쉬 도포 부위의 형광강도 감소가 통계적으로 유의성 있게 더 크게 나타났다($p < 0.05$).
3. 불소 바니쉬를 도포하고 2주간 인공타액에 보관한 군은 대조군에 비해 불소 바니쉬 도포 부위의 형광강도 감소가 통계적으로 유의성 있게 더 크게 나타났다($p < 0.05$).
4. 공초점 레이저 주사 현미경을 통해 불소 바니쉬를 이용한 재광화를 정량적으로 분석할 수 있었다.

주요어 : 불소 바니쉬, 재광화, 공초점 레이저 주사현미경

I. 서 론

구강 내에서 치아는 지속적인 무기질 상실과 재침착 과정을 겪게 되며 구강위생 등이 불량하여 무기질 상실에 더욱 좋은 조건이 형성되면 우식과정이 진행되기 시작한다¹⁾. 'White spot'으로 알려진 법랑질 초기 우식병소는 임상적으로 식별이 용이하지 않아 흔히 방치되며, 보다 깊은 우식병소로 발전하게 된다. 그러나 법랑질 초기 우식병소는 구강위생 상태의 개선이나

불소도포 등에 의해 재광화가 가능하므로 병리적 진행과정을 차단할 수 있을 뿐 아니라 원상태로 회복이 가능하다²⁾.

불소도포의 방법 중 하나인 불소 바니쉬는 치아에 부착성이 높은 천연수지(natural resin)에 불소를 결합시켜 고농도의 불소를 치아에 장시간 접촉시키며 사용하기가 쉽고 안전하며, 환자들이 더 쉽게 받아들이고, 다른 불소제제보다 치료시간이 짧은 장점으로 많이 사용되고 있다^{2,3)}. 1964년 Schmidt가 5% 불화나트륨(22,600 ppm F)을 함유한 Duraphat(Woelm Pharma Co, Eschwege, Germany)이라는 상품을 시판하였고, 1975년 Arends and Schuthof은 0.9% 불화실란을 포함한 2세대 불소 바니쉬인 Fluor Protector(Vivadent, schaan, Liechtenstein)를 개발 시판 하였으며, 현재는 CavityShield 및 Varnish(5% NaF, Omnii Pharmaceuticals, U.S.A.),

교신저자 : 이 주 현

강원도 강릉시 지변동 123번지
강릉대학교 치과대학 소아치과학교실
Tel : 033-640-3158
E-mail : ljh55@kangnung.ac.kr

※ 본 연구는 2005년 강릉대학교 신진교수연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

Varnish America(5% NaF, Dental America, U.S.A.) 등의 스틱형으로 개별 포장된 3세대 바니쉬들이 시판되고 있다³⁾.

불소를 이용한 법랑질 초기 우식병소 재광화의 정량적 측정 은 탈회 및 재광화 과정 중의 무기질 변화를 비교해 측정한다. 이러한 무기질 변화를 측정하는 방법에는 법랑질 표면의 미세 경도(microhardness) 측정, 편광현미경(polarization microscope) 관찰, 습식화학(wet-chemical) 측정법, 미세방사선(microradiography) 측정법 등이 있다⁵⁻⁸⁾. 이중 횡단 미세방사선(transverse microradiography) 측정법이 무기질의 함량 변화, 분포를 직접적, 정량적으로 측정하기 위한 가장 실용적인 방법으로 알려져 왔다⁹⁾. 그러나 이 방법은 치아를 100 μm 정도의 얇은 시편으로 제작해야 하는 어려움이 있고, 오랜 시간동안 방사선을 조사하여야 한다.

탈회 및 재광화 과정 중의 무기질 변화를 좀 더 쉽고, 정량적이며 재현성 있게 측정할 수 있는 기술의 개발이 요구되었으며, 그중 1990년대 들어와서 형광염료로 염색한 시편을 관찰하는 공초점 레이저 주사 현미경(Confocal laser scanning microscope : CLSM)이 치의학에 도입되어 법랑질의 표면변화를 평가하는데 있어서 많이 사용하고 있다. 공초점 레이저 주사 현미경은 레이저를 광원으로 특정 파장의 형광을 검출하여 시편을 관찰하는데, 형광(fluorescence)은 형광물질이 특별한 파장의 빛에 의해 전자가 에너지를 흡수하여 여기(excitation)되었다가, 매우 짧은 시간에 에너지 레벨이 약간 떨어져서 원래의 상태로 전자가 돌아올 때, 결국 흡수파장보다 조금 긴 파장의 빛을 방출(emission)하는 현상을 말하며, 형광물질은 각각 고유 의 여기파장과 방출파장을 가지고 있다. 공초점 레이저 주사 현미경은 관찰 가능한 깊이가 시편 표면하 100 μm 정도까지이며, 물질의 표면을 비파괴적으로 빠르고 쉽게 관찰 가능한 특징이 있고, 광학 절단하여 내부구조를 3차원적 입체영상으로 관찰하므로 이미지의 선명도를 높일 수 있는 장점이 있다^{10,11)}.

Fontana 등¹²⁾과 Gonzalez-Cabezas 등¹³⁾은 법랑질의 탈회와 재광화된 정도를 미세방사선 측정법과 공초점 레이저 주사 현미경으로 동시에 관찰한 결과, 미세방사선 측정법에서 얻은 ΔZ (법랑질의 건전한 부분과 탈회 부분의 밀도투사를 통해 광물질소실을 나타내는 것)와 공초점 레이저 주사 현미경에서 얻은 형광면적(area of the fluorescent lesion: 일정길이의 영역에서 형광이 관찰되는 모든 면적의 합), 형광강도의 총합(total fluorescence of the lesion: 일정 영역에서 각 픽셀의 형광 강도의 총합), 형광강도의 평균(average fluorescence of the lesion : 일정영역의 형광강도의 평균값)이 유의하게 일치하는 결과를 보인 바 있다.

공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 많은 연구에서 대조군 없이 재광화 시간에 따른 효과만 비교 분석한 것이 많았으며, 불소 바니쉬의 효과에 대한 조사는 미미하였다. 이에 본 연구에서는 인공적으로 형성한 법랑질 초기 우식 병소를 불소 바니쉬로 재광화하여 그에 따른 무기질의 변화를 공초점 레이저 주사 현미경을 사용하여 정량적으로 비교 평가 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

최근에 발거한 우식과 결손 부위가 없는 사람의 제 3대구치 및 교정 치료를 위해 발거한 소구치 60개를 선정하여 이물질을 제거하고 연구 전까지 0.1% 티몰(thymol) 용액에 보관하여 부패를 방지하였다. 사용된 불소 바니쉬는 0.1% 불소를 함유한 Fluor Protector(Vivadent, Liechtenstein)를 이용하였다. 60개의 치아를 무작위적으로 각각 20개씩 세 군으로 나누어 1군은 인공우식 형성 후 불소 바니쉬를 도포하고 1주간 인공타액에 보관하였고, 2군은 인공우식 형성 후 불소 바니쉬를 도포하고 2주간 인공타액에 보관하였으며, 3군은 대조군으로 인공우식 형성 후 2주간 인공타액에 보관하였다.

2. 연구방법

1) 시편준비

연구재료로 선정한 치아의 치면을 불소가 포함되어 있지 않은 연마제와 저속 핸드피스에 부착된 러버컵을 사용하여 치아당 30초간 법랑질 세마를 시행하였다. 그 후 압축공기로 건조한 후 각 치아의 가장 편평한 인접면을 선정하여 $3 \times 2 \text{ mm}^2$ (가로 \times 세로) 넓이의 부위(window)를 제외하고 치아 전체에 산에 의해 부식되지 않는 네일 바니쉬를 2회 도포하였다. 그 후 치근을 아크릴릭 레진 블록에 매몰시켰다. 이 후 치아는 탈수를 방지하기 위해 3차 증류수에 보관하였다.

2) 인공 우식의 유발

Gonzalez 등¹⁴⁾의 방법에 따라 2.2 mM 염화칼슘(CaCl_2), 2.2 mM 인산염(NaH_2PO_4), 50 mM 아세트산(Acetic acid)이 포함된 pH 4.2의 아세트산 완충용액에 치아를 넣고 37°C에서 3일간 보관하여 법랑질 표면에 인공우식이 형성되도록 하였다.

3) 불소의 적용

인공우식이 유발된 치아표본들을 꺼내어 충분한 양의 3차 증류수로 세척한 후 건조시켰다. 그 후 window 부위에서 교합면 측 1/2은 네일 바니쉬를 도포하여 인공우식 상태를 보존하였으며, 1군과 2군에선 하방 1/2은 불소 바니쉬(Fluor Protector, Vivadent, Liechtenstein)를 제조사 지시에 따라 도포하였다. 불소 바니쉬는 2일 후 제거하였다.

4) 인공타액에 보관

50 ml의 인공타액이 든 용기에 각각의 시편을 넣고 37°C에서 1군은 1주, 2군과 대조군은 2주씩 보관하였다. 사용한 인공타액은 Birkeland¹⁵⁾의 방법으로 20 mM 탄산수소나트륨(NaHCO_3), 3 mM 인산염(NaH_2PO_4), 1 mM 염화칼슘(CaCl_2)을 포함하고 있었으며 pH는 7.0이었다.

5) 표본의 제작

치아가 포함된 레진 블록을 미세절단기(Accutome P-50, Struers, Copenhagen, Denmark)에 장착하고 충분한 냉각수 주수하에 window 부위가 포함되도록 치아의 장축과 평행하게 절단하여 표본을 얻었다. 그 후 마이크로미터(Mitutoyo, Tokyo, Japan)로 1.0 mm(± 20 μm) 두께를 확인한 후 3차 증류수에 보관하였다.

6) 공초점 레이저 주사 현미경 관찰

1군, 2군 및 대조군의 표본 각 20개를 증류수에 2분간 세척하고 슬라이드글라스에 접착성왁스(sticky wax)를 이용하여 고정하였다. 고정된 시편에 0.1 mM rhodamine B 용액 1방울을 점적하여 1시간 동안 염색하고 세척은 하지 않았다. 염색된 시편은 공초점 레이저 주사 현미경(FV300, OLYMPUS, Japan)을 통해 관찰하였으며, 여기서 얻은 이미지를 FLUO View V5.0 프로그램을 이용하여, 형광강도의 총합(total fluorescence of the lesion)을 구하였다. 공초점 레이저 주사 현미경의 설정은 543 nm 여기파장(excitation wave length)을 가진 He-Ne 레이저를 광원으로 사용하였으며, 565 nm 방출(emission barrier)되게 설정하였다. He-Ne 레이저의 강도는 50%로 설정하였다.

3. 통계분석

SPSS Ver 12.0(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하여 95% 유의수준에서 paired T test를 실시해 각 실험군에서 불소 바니쉬 적용 유무에 따른 형광강도 차이를 비교, 분석하였다. 대조군에선 인공타액 저장에 따른 형광강도 차이를 비교, 분석하였다.

서로 다른 인공타액 저장 기간을 가지는 실험군간 및 대조군과의 형광강도 차이를 비교 하기 위해 95% 유의수준에서 One way ANOVA test로 분석하였으며 Scheffe test로 사후검정하였다.

Ⅲ. 연구 성적

공초점 레이저 주사 현미경 관찰 결과 탈회 지역에 대한 재광화 지역의 형광강도 총합 평균 감소율은 2군에서 가장 높았고, 1군과 대조군은 비슷하였으며(Table 1), paired T test결과 각 군에서 탈회 부위와 재광화 부위 사이에 유의한 차이를 나타내었다. 불소 바니쉬의 사용 유무 및 재광화 기간에 따른 형광강도 총합 평균 감소율을 비교했을 때 1군과 2군 사이에 유의성

Table 1. Average reduction rate of Total fluorescence of the lesion(TFL)

Reduction of intensity of TFL by remineralization	
	Average reduction rate of TFL (± SD)
Group 1	26.1(± 15.6) *
Group 2	41.0(± 21.6) *
Control Group	24.8(± 15.9)

SD : standard deviation

* : statistically significant by Scheffe test (p<0.05)

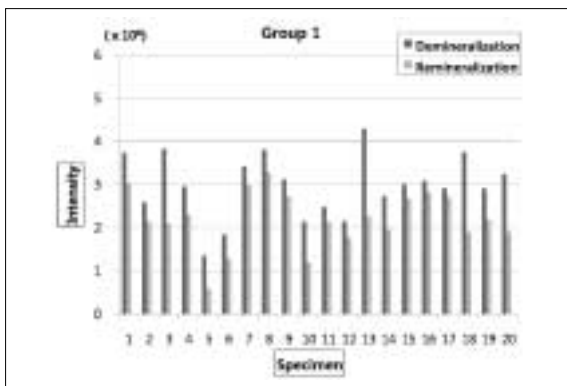


Fig. 1. The change of TFL in one weeks remineralization group.

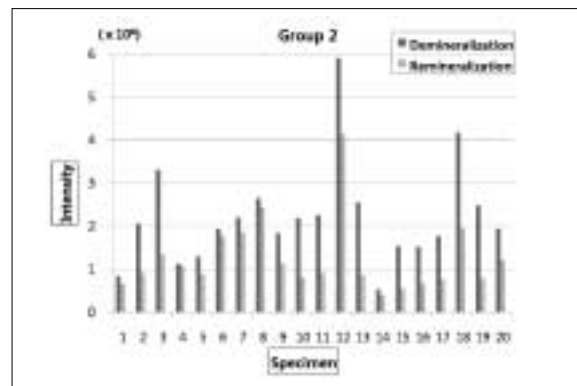


Fig. 2. The change of TFL in two weeks remineralization group.

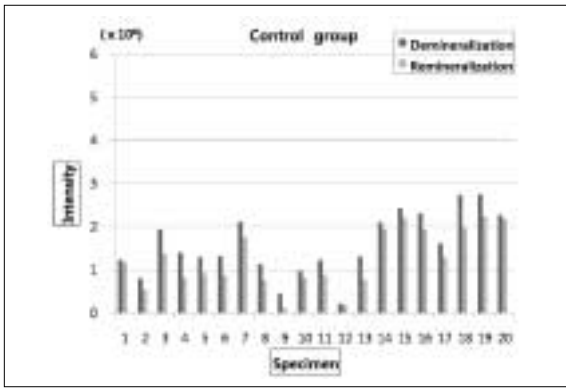


Fig. 3. The change of TFL in control group.

이 있으며, 2군과 대조군 사이에도 유의성이 있었다(Table 1). 실험군 및 대조군을 그래프 상에서 분석한 결과 다양한 탈회 및 재광화 정도를 나타내고 있다(Fig. 1~3).

공초점 레이저 주사 현미경 관찰시 탈회 지역에 비해 재광화 지역은 형광강도 및 형광영역의 감소를 보인다(Fig. 4~6).

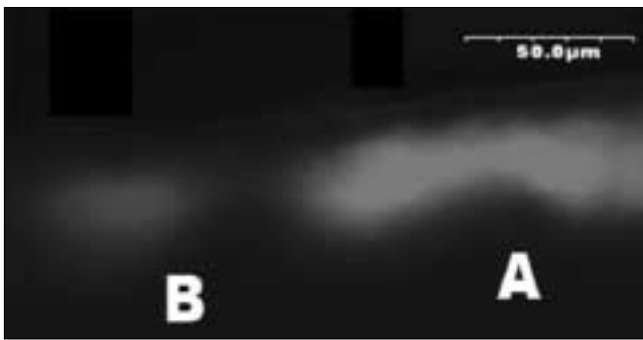


Fig. 4-1 & 4-2. The CLSM image of Group 1. A: Demineralization area, B: Remineralization area(Fluoride varnish application area).

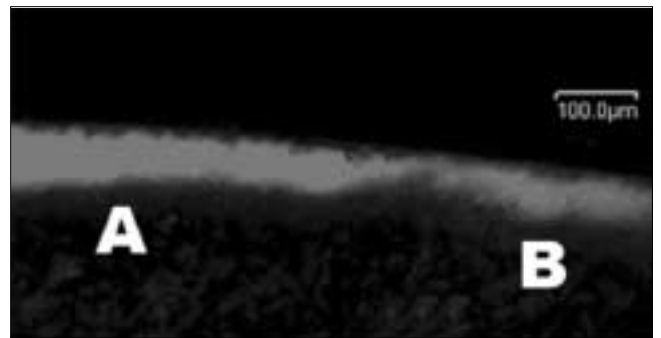


Fig. 5-1 & 5-2. The CLSM image of Group 2. A: Demineralization area, B: Remineralization area(Fluoride varnish application area).



Fig. 6. The CLSM image of control group. A: Demineralization area, B: Remineralization area(Fluoride varnish application area).

IV. 총괄 및 고찰

불소 바니쉬는 24시간 이상 치면에 부착되어 치아 구조에 많은 양의 불소를 법랑질에 침착시키며, 그 양은 건전한 법랑질보다는 우식병소에서 더 크다¹⁶⁾. 불소 바니쉬 도포 후 법랑질 표면과 표면하 지역에서는 불화칼슘(CaF₂)이 주로 침전되며, 낮은 불소 농도 하에서는 불화인회석(Ca₁₀(PO₄)₆F₂)이 침전된다^{17,18)}. 불화인회석은 영구적으로 법랑질에 붙어있지만 불화칼슘은 알카라인 환경 혹은 타액에 의해 쉽게 녹아나오게 되며¹⁹⁾, 불소이온의 저장고 역할을 한다. 또한 특별한 열역학 상태 및 인산염(phosphate)이 존재하는 경우 불화칼슘은 불화인회석으로 재침착(재광화과정)하게 된다. 불소 바니쉬의 존재는 이러한 과정을 촉진시키며, 또한 바니쉬의 불소는 우식부위의 이온을 재분배하여 불소가 법랑질 안쪽으로 확산되기 쉽게 하고 병소본체의 소공 크기를 줄이게 된다¹⁶⁾.

이전의 많은 연구들에서 불소 바니쉬의 임상적 효과에 대해 보고하였는데, Holm²⁰⁾은 3세 아동에서 일년에 2번 도포하였을 경우 2년 후 44% 정도의 우식감소 효과가 있다고 했으며, Peyron 등²¹⁾에 의하면 3~6세 사이의 어린이에게 불소 바니쉬를 일년에 2번 도포하였을 경우 치아우식정체성(cariostatic) 효과가 나타난다고 하였다. Twetman과 Petersson²²⁾은 4-5세의 아동에 불소 바니쉬를 사용한 경우 치아우식정체성 효과가 있다고 했고, Frostell 등²³⁾은 초기 우식이 있는 4세 아동에 불소 바니쉬를 사용한 경우 30%의 우식 감소 효과가 있는 것을 보고 하였다. Modeer 등²⁴⁾은 10대들에게 불소 바니쉬를 3개월 간격으로 도포하고 3년 후에 조사한 결과 치아 우식발생이 유의성 있게 감소함을 보고하였다.

공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 연구들에서 인공우식 용액을 이용하여 법랑질에 초기 인공우식을 유발하여 관찰시 형광부위 및 강도가 증가하였다^{12,13,25-29)}. 그러나 재광화 용액을 사용하여 인공우식의 재광화 유도시 형광부위 및 강도가 감소하는 것이 공초점 레이저 주사 현미경에서 관찰되었다^{13,25,27)}. 본 연구에서도 불소를 도포한 부위는 탈회만 일으킨 부위에 비해 형광강도가 감소한 것을 나타내는데 이것은 인공적으로 형성된 법랑질 우식 부위가 감소했음을 의미한다. 감소비율은 불소 바니쉬를 도포하고 1주간 인공타액에 보관한 것보다는 2주간 보관했을 경우 유의성 있게 증가하는 것을 보여준다. Fontana 등¹²⁾과 Gonzalez-Cabezas 등¹³⁾에 의하면 횡단 미세방사선 측정법의 ΔZ와 비교시 공초점 레이저 주사 현미경의 측정치 중 형광면적(Area of fluorescent lesion)이 가장 상관도가 높으며, 형광강도의 총합(Total fluorescence of the lesion)은 유의차 있게 연관성을 보였으며, 형광강도의 평균(Average of the lesion)이 가장 낮은 연관성을 보였다. 그러나 본 실험에서는 탈회와 재광화된 지역의 경계지역을 뚜렷하게 구분할 수 없어서 형광면적을 측정하지 못하여 형광강도의 총합을 가지고 치아의 무기질 함량을 분석하였다.

치아의 공초점 레이저 주사 현미경으로 관찰하기 위해 여러 가지 형광 염료가 사용되어져 왔는데, Fontana 등¹²⁾과 Gonzalez-Cabezas 등¹³⁾은 rhodamine B의 농도와 염색시간 염색방법 등을 달리하여 실험한 결과, 0.1 mM을 시편에 점적하고 1시간 동안 위치시킨 후 관찰하였을 때 가장 좋은 결과를 보였으며, 본 실험에서도 위의 방법으로 염색 및 관찰 하여 탈회 및 재광화 정도를 얻을 수 있었다. 공초점 레이저 주사 현미경으로 관찰할 때에 주의할 사항은 치아의 절단시 도말층이 형성되므로 절단면 10~50 μm 하방에 초점을 맞추어 관찰하여야 인공적인 오류를 줄일 수 있다¹²⁾.

치아의 탈회 및 재광화 시킨 시편의 상을 분석한 결과 표준편차가 크게 나타난 것으로 보아 치아 시편마다 탈회 및 재광화 정도가 차이를 보이는 것으로 생각되며, 이것으로 인해 대조군에서는 전반적으로 낮은 탈회정도를 나타낸 것으로 보인다. 향후 이러한 문제를 해결하기 위해선 탈회 후 법랑질 표면의 미세경도를 측정하여 탈회정도가 유사한 시편을 대상으로 실험을 하는 것이 필요하다. 또한 시편 관찰 시 시편 표면의 침식이 관찰되었는데, 금과 이의 연구에 의하면 아세트산(Acetic acid) 완충용액을 이용한 경우 유산(lactic acid) 완충용액을 사용한 탈회보다 침식이 더 많이 나타난다고 하였으며³⁰⁾, 본 실험에서는 인공우식을 형성하기 위해 탈회용액으로 아세트산을 사용하여 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다.

본 실험에서는 탈회 조건과 재광화 조건을 동일하게 하고 재광화 시간만을 달리해서 공초점 레이저 주사 현미경으로 관찰 하였으나, 보다 효과적인 분석이 가능하기 위해선 인공 구강 모델 상에서 여러 가지 조건을 변화시켜 추가적인 연구가 필요하리라 생각된다. 또한 법랑질 표면에서 부위에 따라 탈회되는 정도가 다를 수 있으므로 향후 연구에선 탈회 부위 관찰 후 재광화를 시행하여 재광화 정도를 구하는 것이 필요하다. 그리고 공초점 레이저 주사 현미경 관찰시 표면 하방을 광학 절단하여 특정 층만 관찰하게 되는데, 향후 내부구조를 3차원적 입체영상으로 관찰하는 것이 필요하다.

V. 결 론

인공적으로 형성한 법랑질 초기 우식 부위를 불소 바니쉬로 재광화 한 후 공초점 레이저 주사 현미경을 사용하여 관찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군에서 탈회 후 불소 바니쉬를 도포한(재광화) 부위의 형광강도는 탈회 부위에 비해 통계적으로 유의성 있게 감소하였다(p<0.05).
2. 불소 바니쉬를 도포하고 인공타액에 2주간 보관한 군이 1주간 보관한 군보다 불소 바니쉬 도포 부위의 형광강도가 통계적으로 유의성 있게 더 감소하였다(p<0.05).
3. 불소 바니쉬를 도포하고 2주간 인공타액에 보관한 군은 대조군에 비해 불소 바니쉬 도포 부위의 형광강도가 통계

적으로 유의성 있게 더 감소하였다($p < 0.05$).

4. 공초점 레이저 주사 현미경을 통해 불소 바니쉬를 이용한 재광화를 정량적으로 분석할 수 있었다.

참고문헌

1. 임성수, 금기연 : Fluoride varnish 도포가 초기 법랑질 우식 병소의 재석회화에 미치는 영향에 관한 연구. 대한소아치과학회지, 20:131-144, 1993.
2. Levine RS : Remineralisation of natural carious lesions of enamel *in vitro*. Br Dent J, 137:132-134, 1974.
3. 대한소아치과학회 : 소아·청소년치과학 4판, 신흥인터내셔널, 서울, 164, 2007.
4. Ogard B, Seppa L, Rolla G : Professional topical fluoride applications-clinical efficacy and mechanism of action. Adv Dent Res, 8:190-201, 1994.
5. Arends J, Schuthof J, Jongebloed WG : Lesion depth and microhardness indentations on artificial white spot lesions. Caries Res, 14:190-195, 1980.
6. Borsboom PC, vd Mei HC, Arends J : Enamel lesion formation with and without 0.12 ppm F in solution. Caries Res, 19:396-402, 1985.
7. Silverstone LM : The surface zone in caries and in caries-like lesions produced *in vitro*. Br Dent J, 125:145-157, 1968.
8. Groeneveld A, Jongebloed W, Arends J : The mineral content of decalcified surface enamel. A combined microprobe-quantitative microradiography study. Caries Res, 8:267-274, 1974.
9. Arends J, ten Bosch JJ : Demineralization and remineralization evaluation techniques-added consideration. J Dent Res, 71 Spec No:924-928, 1992.
10. Watson TF : Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. Br Dent J, 171:287-291, 1991.
11. Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, et al. : Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. Adv Dent Res, 11:453-461, 1997.
12. Fontana M, Li Y, Dunipace AJ, et al. : Measurement of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlation study. Caries Res, 30:317-325, 1996.
13. Gonzalez-Cabezas C, Fontana M, Dunipace AJ, et al. : Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlational study. Caries Res, 32:385-392, 1998.
14. Gonzalez EH, Yap AU, Hsu SC : Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. Oper Dent, 29:578-585, 2004.
15. Birkeland JM : The effect of pH on the interaction of fluoride and salivary ions. Caries Res, 7:11-18, 1973.
16. Beltran-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA : Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. J Am Dent Assoc, 131:589-596, 2000.
17. Arends J, Schuthof J : Fluoride content in human enamel after fluoride application and washing - an *in vitro* study. Caries Res, 9:363-372, 1975.
18. Retief DH, Bradley EL, Holbrook M, et al. : Enamel fluoride uptake, distribution and retention from topical fluoride agents. Caries Res, 17:44-51, 1983.
19. Caslavaska V, Moreno EC, Brudevold F : Determination of the calcium fluoride formed from *in vitro* exposure of human enamel to fluoride solutions. Arch Oral Biol, 20:333-339, 1975.
20. Holm AK : Effect of fluoride varnish (Duraphat) in preschool children. Community Dent Oral Epidemiol, 7:241-245, 1979.
21. Peyron M, Matsson L, Birkhed D : Progression of approximal caries in primary molars and the effect of Duraphat treatments. Scand J Dent Res, 100:314-318, 1992.
22. Twetman S, Petersson LG : Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. Eur J Oral Sci, 104:523-528, 1996.
23. Frostell G, Birkhed D, Edwardsson S, et al. : Effect of partial substitution of invert sugar for sucrose in combination with Duraphat treatment on caries development in preschool children: the Malmo Study. Caries Res, 25:304-310, 1991.
24. Modeer T, Twetman S, Bergstrand F : Three-year study of the effect of fluoride varnish (Duraphat) on proximal caries progression in teenagers. Scand J Dent Res, 92:400-407, 1984.
25. 차승우, 윤태철, 박성호 등 : 공초점 레이저 주사 현미경을 이용한 법랑질 초기 우식 재광화의 정량적 분석. 대한치과보존학회지, 26:1-8, 2001.
26. 이영은, 김혜영, 배현숙 등 : 레이저와 공초점주사현미경을 사용한 초기우식병소의 정량적 비교. 대한구강보건학회지, 29:418-429, 2005.
27. 신정철 : Xenon광을 이용한 초기 인공우식병소진단. 경북대학교 치의학석사 학위논문, 2006.

28. Mueller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, et al. : Inhibition of lesion progression by the penetration of resins *in vitro*: influence of the application procedure. Oper Dent, 31:338-345, 2006.
29. 김지태, 김종수, 김성오 : Digital imaging fiber-optic trans-illumination과 confocal laser scanning microscope를 이용한 초기 법랑질 우식증 연구. 대한소아치과학회지, 33:1-1, 2006.
30. 금기연, 이찬영 : 수종의 유기산이 법랑질 인공우식의 형성에 미치는 영향. 대한치과보존학회지, 21:470-488, 1996.

Abstract

THE ANALYSIS OF REMINERALIZATION EFFECT IN FLUORIDE VARNISH USING CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPE

Ji-Hoon Kwon, Ho-Won Park, Ju-Hyun Lee, Hyun-Woo Seo

Department of Pediatric Dentistry, Oral Science Research Center, College of Dentistry, Kangnung National University

It is well established that fluoride products play an important role in the prevention and remineralization of carious lesion. Fluoride varnish is a concentrated topical fluoride and varnishes adhere to tooth surface, permitting prolonged fluoride exposure and uptake.

In this study, the artificial initial enamel caries was caused on the sound human enamel and divided 60 specimens into three groups. Group 1 and group 2 were treated with the topical application of fluoride varnish and stored in artificial saliva for 1 and 2 weeks. Group 3 was stored in artificial saliva for 2 weeks, which acted as control group. Changes in mineral contents were analysed with the confocal laser scanning microscope.

The following results were obtained:

1. In group 1 and group 2, the total fluorescence of the lesion (TFL) was reduced in remineralized area compared to in demineralized area ($p < 0.05$).
2. The total fluorescence of the lesion of remineralized area was more reduced in group 2 than in group 1 ($p < 0.05$).
3. The total fluorescence of the lesion was more reduced in group 2 than in control group ($p < 0.05$).
4. Confocal laser scanning microscope can be used in quantitative analysis of remineralization by fluoride varnish.

Key words : Fluoride varnish, Remineralization, Confocal laser scanning microscope